

秩父山地天然林の更新に関する基礎的研究 II ——約 110 年前と 150 年前に発生した風害と関連した 亜高山針葉樹林の更新過程——

沢田晴雄*・梶 幹男*

Studies on the Regeneration Dynamics of the Natural Forests in Chichibu Mountains, Central Japan, II

—Processes of the regeneration caused by wind damages occurred in a
subalpine coniferous forest ca. 110 and 150 years ago—

Haruo SAWADA* and Mikio KAJI*

I. はじめに

健全な森林は、それを構成する個体の寿命による枯死あるいは風害による集団枯損など、さまざまな原因によって林冠にギャップが生じると、それを速やかに修復しようとする自己再生能力を有する。このようなギャップの発生を契機として開始される更新様式はギャップ更新 (RUNKLE, 1981) と呼ばれ、温帯林に限らず熱帯林においても一般的な更新様式として知られている (HALLÉ *et al.*, 1978; WHITMORE, 1984; HARTSHORN, 1989)。ギャップ更新を解析することによって森林群落の維持機構に関わる種々の問題を解明することが可能であるが、それにはとりわけ当該林分の齡構成と各個体の成長経過を年輪解析によって明らかにする必要がある。さらに、年輪解析を行うことでその林分を構成する各樹種、各個体の被圧期間 (渡邊, 1970, 1985)、伸長・肥大成長の増大時期あるいは倒木の下敷になった個体から萌芽したシュートの成長経過からギャップの発生時期および修復経過を推定することも可能である (住田, 1939; 鈴木, 1980, 1981; 高村, 1982; KANZAKI, 1984; 平吹, 1990)。

秩父山地の亜高山性針葉樹林の林床にはあまり腐朽の進んでいない倒木の数多く存在する林分がしばしば見られる。筆者らはこのような林分の構造を解析することによって、ギャップの生じた原因、時期およびその規模、さらにその修復過程を明らかにすることが可能であると考え、1989年にコメツガとシラベを主体とする林分に調査区を設置し、高木層の樹幹から成長錐によって採取したコアの年輪数と年輪幅の測定を行い、各個体の樹齡および成長経過を明らかにした。また、その結果に基づいてギャップ発生と更新との関係について若干の考察を加えたので報告する。

調査に際して多大の御協力をいただいた秩父演習林職員諸氏に感謝の意を表す。また、本論文作成にあたり御校閲をお願いした東京農業大学濱谷稔夫教授にお礼申し上げる。

* 東京大学農学部附属秩父演習林

* The University Forest in Chichibu, Faculty of Agriculture, University of Tokyo.

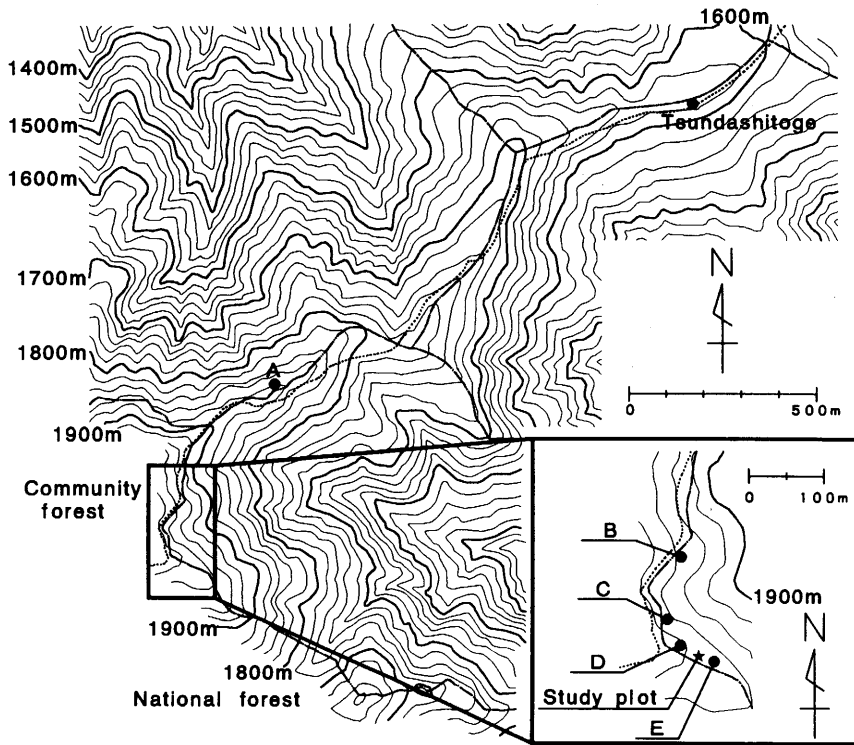


図-1 調査区の位置

Fig. 1. Study plot.

A-E: Sampling sites for tree age analysis, - - -: Boundary between compartments,: Foot-pass.

II. 調査地の概要

1. 位 置

埼玉県西部大滝村に位置する東京大学農学部附属秩父演習林の標高 1970 m 地点の尾根上 (図-1) に、面積 437.8 m² の調査区を 1989 年 7 月に設置し、1989~1991 年にかけて調査を行った。

調査区の地況は平均傾斜度 32°, 斜面方位 N55°E で、地質は秩父中生層、土壤型は P_DIII, 土性は埴質壤土である。

2. 気 象

栃本観測所 (770 m) の気温と降水量、および突出峠 (1650 m) の気温を表-1 に示す。栃本観測所は年平均気温 11.2°C, 年間降水量 1384.0 mm, 暖かさの指数 86.8°C・月, 寒さの指数 -12.0°C・月で、温量的には中間温帯と山地帯の境界に位置している。突出峠は年平均気温 6.2°C, 暖かさの指数 48.1°C・月, 寒さの指数 -33.3°C・月で、山地帯と亜高山帯の境界付近に位置している。

調査区付近では気温の観測を行っていないので、栃本観測所と突出峠の観測値から調査区の気

表-1 栃本および突出峠の気温から推定した調査地の月別平均気温
 Table 1. Mean monthly temperature at study site (1970 m a.s.l.) estimated from those at Tochimoto (770 m a. s. l.) and Tsundashitoge (1650 m a. s. l.)

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual	W.I.	C.I.
a. Temperature at Tochimoto (°C) 1961-'90	0.1	0.8	3.9	10.5	14.9	17.8	21.5	22.9	18.5	12.7	8.0	3.2	11.2	86.8	-12.0
b. Temperature at Tsundashitoge (°C) 1985-'90	-4.7	-4.4	-1.5	5.4	9.7	12.7	16.3	17.4	13.8	7.8	3.5	-1.2	6.2	48.1	-33.3
c. Lapse rate (a-b)/8.8	0.55	0.59	0.61	0.58	0.59	0.58	0.59	0.63	0.53	0.56	0.51	0.50	0.57		
Estimated temperature at study site (°C) a-c×12.0	-6.4	-6.3	-3.5	3.5	7.8	10.8	14.4	15.4	12.1	6.0	1.9	-2.8	4.4	36.5	-43.6
Precipitation at Tochimoto (mm) 1961-'90	34.0	54.3	83.7	113.0	116.4	182.2	166.6	214.2	196.3	126.0	64.5	32.8	1384.0*		

N. B. * Mean annual precipitation.

温を推定した。気温通減率の全国平均は $0.60^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ であるが (関口, 1949), 通減率は季節により変化することも知られている (気象庁統計課, 1960)。そこで, 栃本観測所と突出峠の標高差が 880 m であることから, $\text{気温通減率} = (\text{栃本の月平均気温} - \text{突出峠の月平均気温}) / 8.8$ により各月の気温通減率を求め, 月別平均気温を推定した (表-1)。その結果, 本調査区は年平均気温 4.4°C , 暖かさの指数 $36.5^{\circ}\text{C} \cdot \text{月}$, 寒さの指数 $-43.6^{\circ}\text{C} \cdot \text{月}$ で, 温量的には亜高山帯のほぼ中央部に位置しているものと推定される。

III. 調査方法

1. 林分構造

調査区内の胸高直径 (地上 1.3 m) 1.0 cm 以上の全個体について, 樹種, 胸高直径, 樹高を毎木調査した。また, 胸高直径 4.0 cm 以上の個体については立木位置図を作成した。さらに, 樹高 8 m 以上の個体について樹冠投影図を描き, プラニメーターを用いて各個体の樹冠面積を計測した。

2. 枯死木

調査区内の枯死木については根際から長さ 1.3 m の幹の直径が 10.0 cm 以上の個体について, 樹種, 直径, 枯死形態を調査し, 同時に位置図を作成した。

樹種は材の組織, 腐朽状態および樹幹に残っている樹皮により判別した。直径は測定部位の樹皮の有無にかかわらず, そのままの状態を測定した。枯死木の形態は根倒れ, 幹折れおよび立枯れの3つに区分した。

3. 成長経過

調査区内の樹高 8 m 以上の全個体 70 本について成長錐を用いて胸高部 (地上 1.3 m) の山側一方向からコアを採取し, 年輪数と年輪幅を測定した。なお樹齢を調査する場合には, できるだけ地際に近い位置でコアを採取すべきであるが, 本調査区は今後も定期的に成長測定を行う目的で設置したので, 地際付近から成長錐によりコアを採取する際に障害となるハクサンシャクナゲなどの樹木を伐採すべきでないと考え, 胸高部からコアを採取した。

コアの採取に際して, 幹の芯に当たる確率は高くない。したがって, 芯に近い年輪の曲率をもとに描いた円の中心を幹の芯と定めた (以下, 芯とする)。芯から 3.0 cm 以内のコアを採取できた試料については, 芯から各年輪までの距離をデジタイザーにより測定した。ただし, 芯が腐っていたり, 芯をはずしてしまい十分なコア試料を採取できなかった場合は, 欠損部の長さで測定可能なもっとも古い 10 年間の平均直径成長量から計算により年輪数を推定した。

各個体の胸高部の直径成長曲線は, 採取したコア試料の芯から樹皮までの距離と現在の胸高直径との比により, 芯から各年輪までの距離を修正して成長曲線を作成した。

また, 胸高部に達するまでの年数を推定するために, 調査区外の隣接林分に生育する稚幼樹 22 本から円盤試料を採取して樹幹解析を行った。

4. 調査区周辺林分の更新状況

調査区周辺林分の更新状況を明らかにする目的で, 調査区周辺のコメツガとシラベが優占する

表-2 調査区の樹種構成

Table 2. Species composition in the plot

Species	<i>N</i>	<i>N</i> /ha	<i>N</i> %	<i>D</i> _{max} (cm)	<i>H</i> _{max} (m)	<i>BA</i> (m ²)	<i>BA</i> /ha	<i>BA</i> %
<i>Tsuga diversifolia</i>	93	2124	31.5	37.7	21.1	1.654	37.780	56.2
<i>Abies veitchii</i>	33	754	11.2	33.5	22.0	0.855	19.529	29.1
<i>Betula ermanii</i>	3	69	1.0	26.2	18.0	0.131	2.992	4.4
<i>Betula corylifolia</i>	19	434	6.5	27.7	13.0	0.113	2.581	3.8
<i>Sorbus commixta</i> var. <i>rufoferruginea</i>	10	228	3.4	14.3	12.1	0.080	1.827	2.7
<i>Rhododendron brachycarpum</i>	105	2398	35.6	10.1	6.1	0.046	1.051	1.6
<i>Acer tschonoskii</i>	7	160	2.4	12.2	9.0	0.034	0.777	1.2
<i>Acer ukurunduense</i>	2	46	0.7	11.8	10.0	0.012	0.274	0.4
<i>Betula globispica</i>	1	23	0.3	12.2	11.0	0.012	0.274	0.4
<i>Pieris japonica</i>	15	342	5.1	5.1	4.3	0.005	0.114	0.2
<i>Tripetaleia paniculata</i>	5	114	1.7	1.6	2.2	0.001	0.023	+
<i>Picea jezoensis</i> var. <i>hondoensis</i>	1	23	0.3	1.4	1.5	+	+	+
<i>Euonymus macropterus</i>	1	23	0.3	1.0	2.6	+	+	+
Total	295	6738	100.0			2.943	67.222	100.0

N. B. Number of stems per 437.8 m² (*N*) and 1.0 ha (*N*/ha), relative number (*N*%), maximum diameter (*D*_{max}), maximum height (*H*_{max}), basal area per 437.8 m² (*BA*) and 1.0 ha (*BA*/ha) and relative dominance (*BA*%).

林分 A~E の各地点 (図-1) において、コメツガとシラベを主体にそれぞれ 4~6 本の個体を任意に選び、成長錐を用いて地際部 (地上 0.0 m) の谷側一方向からコアを採取して、調査区内と同じ方法で年輪数と年輪幅の測定を行った。

IV. 結果および考察

1. 林分構造

1-1. 樹種構成

調査区内に出現した直径 1.0 cm 以上の個体は 13 樹種で (表-2), いずれも秩父山地の亜高山帯域で一般的にみられる樹種 (前田・島崎, 1951) であった。

優占樹種はコメツガとシラベで、これら 2 樹種で本数の 42.7%, 胸高断面積合計の 85.3% を占めていた。本数ではハクサンシャクナゲがもっとも多く総本数の 35.6% を占め、ついでコメツガが 31.5%, シラベが 11.2% であった。

調査区の直径および樹高階別本数分布 (表-3) はいずれも径級の小さい個体の本数が多い L 字型分布を示していた。

樹高 3 m 以下の階層ではハクサンシャクナゲとコメツガの本数が多く、樹高 13.0 m 以上であったのはコメツガ、シラベ、ネコシデおよびダケカンバの 4 樹種のみであった。またダケカンバとジゾウカンバは 1.3~8 m の階層に、サビバナナカマドとオガラバナは 1.3~3 m の階層に出現しなかった。

樹冠投影図 (図-2) から求めた各樹種の樹冠投影面積比率はコメツガが 38.0%, シラベが 29.9% で、広葉樹類の合計は 15.5% であった (表-4)。樹高 8 m 以上の個体が樹冠面積で調査区

表-3 調査区の樹種別直径および樹高階分布

Table 3. Diameter and height class distribution of stems in the plot

Species	Diameter class (cm)					Height class (m)				
	1-4	4-10	10-20	20-30	30-40	1.3-3	3-8	8-13	13-18	18-23
<i>Tsuga diversifolia</i>	34	18	22	12	7	34	25	19	11	4
<i>Abies veitchii</i>	13	4	3	8	5	11	3	4	6	9
<i>Betula ermanii</i>	0	0	1	2		0	0	1	1	1
<i>Betula corylifolia</i>	15	1	2	1		13	2	3	1	
<i>Sorbus commixta</i> var. <i>rufoferruginea</i>	1	5	4			0	4	6		
<i>Rhododendron brachycarpum</i>	96	8	1			97	8			
<i>Acer tschonoskii</i>	4	0	3			2	3	2		
<i>Betula globispica</i>	0	0	1			0	0	1		
<i>Acer ukurunduense</i>	1	0	1			0	1	1		
<i>Pieris japonica</i>	14	1				14	1			
<i>Tripetaleia paniculata</i>	5					5				
<i>Picea jezoensis</i> var. <i>hondoensis</i>	1					1				
<i>Euonymus macropterus</i>	1					1				
	185	37	38	23	12	178	47	37	19	14

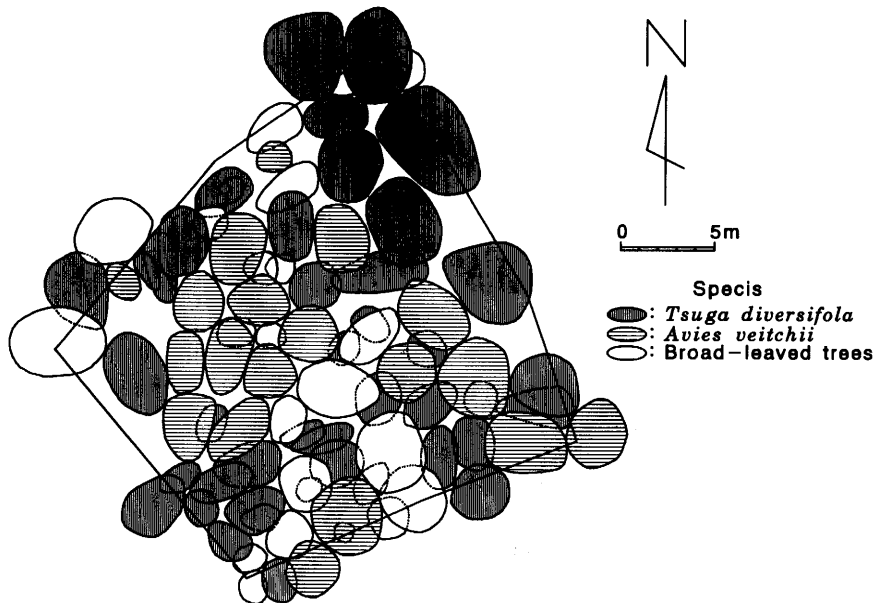


図-2 調査区の樹冠投影図

Fig. 2. Crown projection diagram of canopy trees in the study plot.

面積の 83.4% の高率を占めていることから、8 m 以上の階層を高木層とした。同階層はコマツが、シラベのほか広葉樹類 6 樹種の計 8 樹種により構成され、本数は 70 本で全個体数の 23.7% であった。

表-4 調査区の主要 8 樹種の樹冠投影面積

Table 4. Crown projection area of eight main tree species in the study plot

Species	CA (m ²)	RCA (%)
<i>Tsuga diversifolia</i>	162.5	38.0
<i>Abies veitchii</i>	128.0	29.9
<i>Betula ermanii</i>	22.7	5.3
<i>Sorbus commixta</i> var. <i>rufoferruginea</i>	22.2	5.2
<i>Betula corylifolia</i>	11.1	2.6
<i>Acer tschonoskii</i>	4.8	1.1
<i>Betula globispica</i>	4.3	1.0
<i>Acer ukurunduense</i>	1.0	0.3
Total	356.6	83.4

N. B. Crown projection area (CA) of stems with height more than 8 m and its relative value (RCA) are given to each species.

表-5 調査区外から採取した主要 7 樹種の根際から樹高 1.3 m に成長するまでに要した年数

Table 5. Years required to attain 1.3 m in height of seven main tree species sampled from outside the study plot

Species	No.	Number of annual rings			DBH (cm)	H (m)	MADG 0.0 m (mm/yr.)	MADG 1.3 m (mm/yr.)	
		0.0 m	1.3 m	Differences					
<i>Tsuga diversifolia</i>	1	85	38	47	3.0	3.6	0.15	0.32	
	2	152	115	37	7.0	4.6	0.20	0.19	
	3	113	47	66	3.8	3.6	0.23	0.50	
	4	43	24	19	2.6	3.1	0.44	0.57	
	5	35	13	22	1.5	2.7	0.47	0.49	
	6	30	11	19	1.4	2.6	0.51	0.54	
	7	26	15	11	2.4	3.1	0.73	0.87	
	8	31	23	8	6.3	4.7	1.40	1.15	
Average		64.4	35.8	28.6	3.5	3.5	0.52	0.58	
<i>Abies veitchii</i>	1	63	19	44	3.1	2.5	0.18	0.67	
	2	63	26	37	8.2	7.9	0.20	0.18	
	3	27	9	18	2.3	2.3	0.41	0.64	
	4	27	13	14	2.5	2.7	0.49	0.92	
	5	38	19	19	2.9	2.9	0.51	0.56	
	6	36	22	14	3.1	2.5	0.59	0.99	
	7	29	19	10	2.8	2.9	0.90	0.51	
Average		40.4	18.1	22.3	3.6	3.4	0.47	0.64	
Broad-leaved trees	<i>Betula ermanii</i>	29	28	1	9.4	7.5	2.90	1.81	
	<i>B. maximowicziana</i>	28	23	5	7.0	9.1	2.20	1.64	
	<i>B. corylifolia</i>	27	19	8	2.8	4.1	0.74	0.62	
	<i>Acer tschonoskii</i>	1	26	18	8	3.0	4.2	0.81	0.77
		2	31	26	5	3.9	5.9	1.20	0.83
	<i>Sorbus commixta</i>	1	26	19	7	1.8	4.0	0.38	0.38
	var. <i>rufoferruginea</i>	2	29	26	3	5.3	9.1	1.10	1.21
Average		28.0	22.7	5.3	4.7	6.3	1.33	1.04	

N. B. MADG; Mean annual diameter growth.

表-6 調査区内における樹齢階分布
Table 6. Age class distribution of trees in the study plot

Age class	Td	Av	Bc	Be	Bg	Sc	At	Au	Total
70- 80	0	0	0	0	0	2	0	1	3
- 90	0	0	1	0	0	2	1		4
-100	0	1	1	0	0	2	1		5
-110	0	2	0	1	0				3
-120	2	7	0	1	0				10
-130	4	6	0	0	0				10
-140	1	2	1	1	0				5
-150	2	0	0		0				2
-160	0	1	0		0				1
-170	2		1		1				4
-180	0								0
-190	1								1
-200	1								1
-210	0								0
-220	3								3
-230	4								4
-240	2								2
-250	1								1
-260	0								0
-270	2								2
-280	1								1
-290	1								1
-300	0								0
-310	2								2
-320	1								1
-330	2								2
-340	0								0
-350	1								1
-360	1								1
Total	34	19	4	3	1	6	2	1	70

N. B. Td; *Tsuga diversifolia*, Av; *Abies veitchii*, Bc; *Betula corylifolia*, Be; *Betula ermanii*, Bg; *Betula globispica*, Sc; *Sorbus commixta* var. *rufoferruginea*, At; *Acer tschonoskii*, Au; *Acer ukurunduense*.

1-2. 樹齢構成

樹幹解析を行った各樹種が胸高部に達するまでの年数(表-5)は、コメツガが8~66年、シラベが10~44年であるが、これらの差は被圧期間の長短により生じたものと考えられた。コアを採取した個体についても被圧期間を考慮して樹齢を推定すべきであるが、胸高部の年成長量からそれ以前の被圧の有無を推定することはできない。したがって、今回は便宜的にコメツガに29年、シラベに23年、広葉樹類に6年を加えて、調査区内の個体の樹齢とした。

高木層の樹齢階別本数分布を表-6に示す。樹齢110~130年にもっとも大きな山がみられ、そのほか210~240年、300~330年にも小さな山がみらる。コメツガの樹齢は110~360年の範囲にあり、樹齢110年以下の個体は存在しなかった。シラベの樹齢は90~160年の範囲にあり、特に110~130年に19本中13本が集中し、樹齢90年以下の個体はみられなかった。広葉樹(6樹種)の樹齢は70~170年の範囲にあり、樹齢70~100年に17本中11本が集中し、そのうち

6本はナナカマドであった。また樹齢130年以上の広葉樹類は4本で、ダケカンバ、ネコシデ、ジゾウカンバのカンバ類3樹種であった。

1-3. 枯死木

調査区内の枯死木(幹折れ, 根倒れ, 立枯れ)のうち根際から1.3mの直径が10cm以上の個体を表-7に示す。枯死木の断面積合計(BA)は2.0915 m²で, 生立木の断面積合計の約2/3に相

表-7 調査区における枯死木の枯死状態
Table 7. Classification of dead trees in the study plot

Type of dead tree	Species	N	Mean DBH (cm)	BA (m ²)
Stem breakage	Td	7	27.4	0.4635
	Av	2	20.0	0.0569
Uprooting	Td	19	24.3	0.9615
	Av	0	—	—
Standing dead	Td	16	15.9	0.3633
	Av	7	19.4	0.2463
Sub total	Td	42		1.7883
	Av	9		0.3032
Total		51		2.0915

N. B. Td; *Tsuga diversifolia*, Av; *Abies veitchii*.

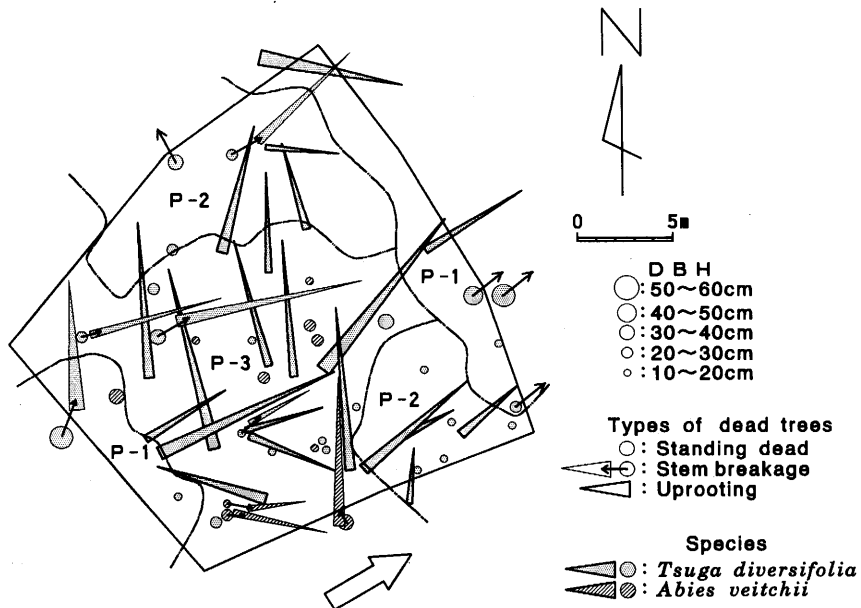


図-3 調査区の枯死木位置図

Fig. 3. Position of dead trees in the study plot.

P-1-3: Patches classified in accordance with age and size (DBH) of trees when the gap was formed and change of diameter growth of trees in the study plot before and after the gap formation, - · - ·: Boundary between patches, ⇒: The slope direction.

当した。樹種はコメツガとシラベの2樹種で、51本中42本がコメツガであった。また全枯死木を形態別に見ると、本数では立枯木>根倒れ>幹折れとなり、断面積合計では根倒れ>立枯木>幹折れの順であった。

樹種別の枯死形態では、コメツガは本数、断面積合計ともに根倒れがもっとも多かった。根倒れと幹折れは直径20 cm以上のものが多く、立枯れ木には直径20 cm以下の個体が多かった。シラベは9本中7本が立枯れ、2本が幹折れで、根倒れはなかった。なお直径10 cm以上の枯死木に広葉樹は見られなかった。

2. ギャップ発生原因と年代

2-1. 発生原因

枯死木が発生する原因には被圧、寿命、気象害、病虫害あるいはこれらの複合型などがあげられるが、調査区の枯死木のうち根倒れ・幹折れは倒伏方向に規則性が認められる(図-3)ことから、風倒害によるものと考えられる。倒木(根倒れ・幹折れ)には北向きに倒れているものと、東向きに倒れているものが見られ、その重なり方から、前者がはじめ南風によって北向きに倒れ、その上に後者が西風によって東向きに倒れたものと考えられる。上下2種の倒木間には腐朽程度に明瞭な差は見られなかったが、以下に述べる理由から年代を異にする2度の風害によって生じた倒木と推定される。

2-2. 発生年代

1度目の風害は、現在調査区内に生育する個体のうち、風害当時胸高直径が5.1~19.3 cmのコメツガ6個体に1840~1855年の間に成長の増大が認められること(図-5, 6a~c), 1840~1880年(樹齢110~150年)に発生したコメツガ、シラベおよびカンバ類が27本みられること(表-6)から判断して、1840年頃すなわち、約150年前(以下、150年前とする)に発生したものと推定される。2度目は、1880~1920年発生(樹齢70~110年)のシラベおよび広葉樹類が15本みられること(表-6), 1880~1890年を境に直径成長を増大させた個体が多いこと(図-6b, c, 7)から判断して、1880年頃すなわち、約110年前(以下、110年前とする)に発生した風害と推定される。

埼玉県下において1836~1845年と1876~1885年の各10年間に発生した暴風による災害記録は前者が3回、後者が9回あり、そのうち同じ秩父山地の三峰神社(標高1100 m)の日鑑に現れる暴風記録は前者が1937年と1940年の2回(埼玉県, 1986)で、このいずれかによる風害と推定される。後者については、それに該当する記録が残っておらず、その発生年代を特定することができなかった。

2-3. 風害の規模

調査区周辺林分の更新状況を表-8に示す。A~Eの各地点の林冠木から採取したコア試料のうち、C地点を除く各地点では1840~1850年の間に発生もしくは直径成長の増大した個体が認められるが、1880年頃に発生あるいは直径成長の増大した個体は認められなかった。また、A, C, Dの3地点において、1940年を境に直径成長の増大を示す個体が認められるが、これは秩父演習林設置以来最大の被害をもたらした1938年の台風(住田, 1939; 秩父演習林, 1966)の影響によるものと判断される。しかし、この台風の影響は本調査区内の樹木には現れていない。これらの事実は、林分間の距離があまり離れていなくても、地形の複雑な山岳地帯では斜面の方位や形

表-8 調査区外から採取した樹木の更新年

Table 8. Regenerated year of the trees sampled from outside the study plot (A-E)

Sampling site	Symbols of species	DBH (cm)	Height (m)	Regenerated year	Changes of diameter growth	
					Increasing	Decreasing
A	Av	27.0	16	1941	—	—
	Be	32.4	18	1850	1940	1925
	Pj	21.7	15	1940	—	—
	Td	35.9	16	1843	1945	1900
	Av	23.7	13	1942	—	—
	Td	53.6	22	1739	1842, 1930, 1950	—
B	Av	57.0	24	1826	—	—
	Td	44.7	25	1705	1770	1915
	Av	46.5	26	1849	—	—
	Td	50.3	23	1812	—	1915
C	Av	28.1	15	1929	—	—
	Av	27.5	14	1930	—	—
	Td	28.0	9	1875	1940	—
	Td	34.5	17	1705	1975	1725
D	Av	38.0	20	1881	1940	—
	Av	25.0	18	1840	1940	—
	Td	40.0	22	1615	1765, 1935	1865
	Td	29.5	18	1770	1715	—
E	Av	20.0	14	1841	1865	—
	Td	30.4	17	1870	—	—
	Av	43.0	18	1842	1865	1930
	Td	18.5	13	1815	—	—

N. B. Td; *Tsuga diversifolia*, Av; *Abies veitchii*, Be; *Betula ermanii*, Pj; *Picea jezoensis* var. *hondoensis*.

状などが異なることで被害程度に大きな差が生じることを示唆している。したがって、一概に150年前と110年前の2度の風害の規模を比較することは難しいが、前者による影響の方がより広い範囲に及んでいることから、後者に比べて前者の方が規模が大きかったと推測される。

2-4. キャップの範囲

本調査区では2度の風害により大きなギャップを生じたが、1度目の風害により北向き(N45°W~N45°E)に倒れた9本の根株は主に調査区の中央部に、また、2度目の風害により東向きに(N45°E~S45°E)倒れた18本(図-3)のそれは調査区内の広い範囲に位置していることから、1度目の風害により中央部を中心にギャップが生じ、2度目の風害でギャップの範囲は周辺方向に拡大したものと推定される。

そこで、本調査区が現在のような林分構成となる決定的要因となった2度の風害のうち、とくに110年前に発生した風害に注目し、各個体の1880年当時の樹齢、サイズ(表-9)および1880年前後の直径成長の変化(図-5, 6, 7)により、調査区を3つのパッチに区分し、それぞれP-1, P-2およびP-3とした(図-4)。それらのうち、P-2とP-3に根倒れ、幹折れによる倒木が多いこと(図-3)から、1880年の風害直後のギャップは主にP-2およびP-3の範囲(調査区面積の約80%)に生じていたと推定される。

表-9 調査区内の各パッチにおける 1880 年当時の樹木の直径階分布およびそれ以降に更新した樹木の本数

Table 9. Diameter class distribution of trees in each of the patches in the study plot in 1880 and the number of trees regenerated after the year of 1880

Number of patch	Species	S	Diameter class (cm)					RT
			0-4	-10	-20	-30	-40	
P-1	<i>Tsuga diversifolia</i>	0	0	0	4(1)	4(1)	(1)	0
	<i>Acer tschonoskii</i>							1
P-2	<i>Tsuga diversifolia</i>	0	0	3	6	6(1)	(3)	0
	<i>Abies veitchii</i>	0	0	2				1
	<i>Betula corylifolia</i>	0	0	2				0
	<i>B. ermanii</i>	0	0	1				0
	<i>B. globispica</i>	0	0	1				0
P-3	<i>Tsuga diversifolia</i>	7	1	0(1)	1(6)	(6)	(3)	2
	<i>Abies veitchii</i>	8	2					6
	<i>Betula ermanii</i>	1						1
	<i>B. corylifolia</i>							2
	<i>Sorbus commixta</i> var. <i>rufoferruginea</i>							6
	<i>Acer tschonoskii</i>							1
	<i>A. ukurunduense</i>							1
	Total		16	3	9(1)	11(7)	10(8)	(7)

N. B. S; Advanced seedlings and saplings lower than 1.3 m in height. RT; Trees regenerated after the year of 1880. In parentheses; Number of fallen dead trees.

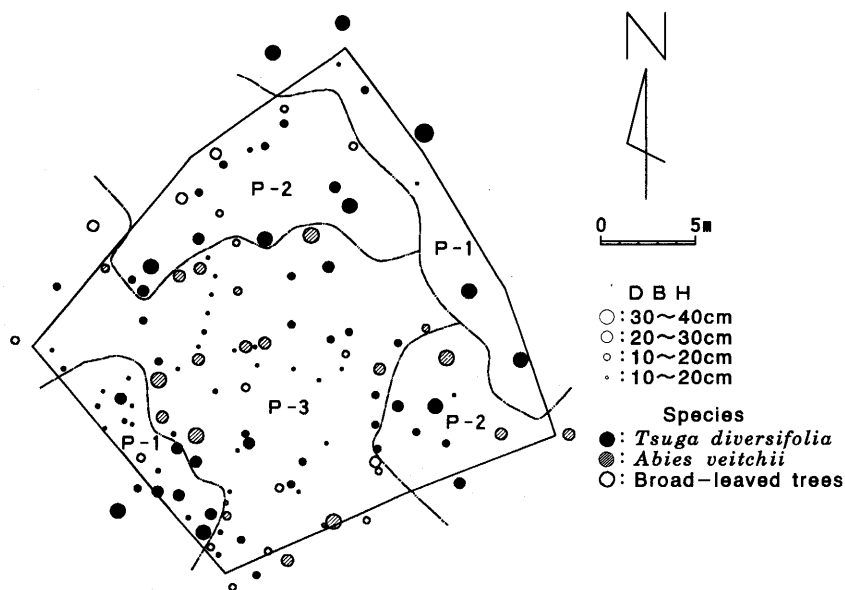


図-4 調査区の立木位置図

Fig. 4. Position of standing trees in the study plot.

Symbols in the figure are the same as those in Fig. 3.

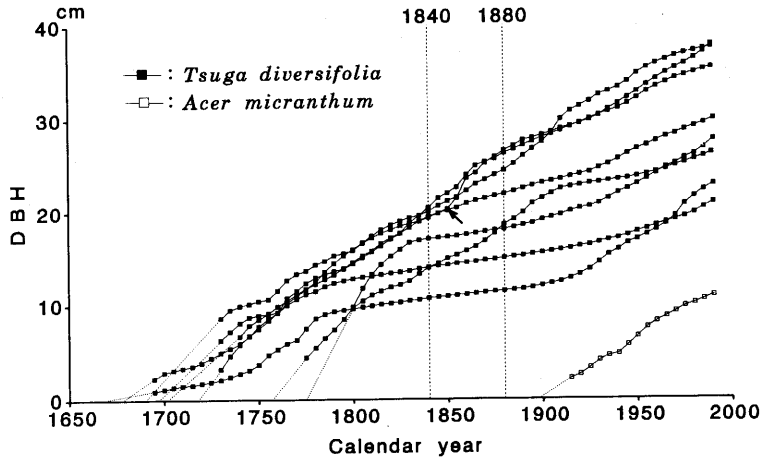


図-5 P-1における胸高部の直径成長曲線

Fig. 5. Diameter growth curves of trees at breast height in P-1.

Dotted line indicates the growth curve estimated from the mean diameter growth of the core sample in the oldest 10 years, Arrow: Increase of diameter growth.

3. パッチごとの樹木の直径成長経過

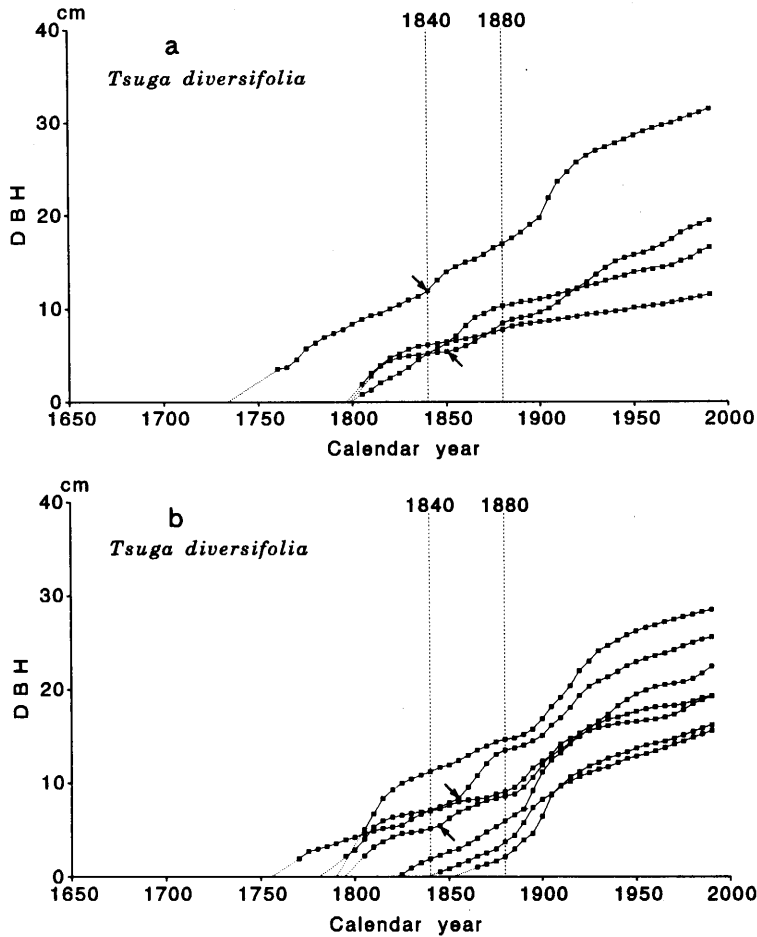
3-1. P-1

P-1は平均樹齢が285年で、林冠層は1630～1749年の間に発生したコメツガにより構成され、1880年当時の平均胸高直径は20.2 cm (11.4～26.5 cm)であったと推定される。同パッチには倒木が少ないこと(図-3)、1840年頃を境に直径成長が増大した個体は1本あったが、1880年頃に直径成長の増大した個体はなかったこと(図-5)から、2度の風害の影響をほとんど受けずに残った林分であると推察される。なお同パッチの林冠の一部は1959年に伊勢湾台風の被害を受け、2本のコメツガが倒れ、2つの小さなギャップ(計17.9 m²)が生じたことが、同ギャップに隣接するP-2およびP-3のコメツガおよびシラベの数本(図-6, 7)にそれとほぼ同じ年代に直径成長の増大がみられることから推察される。

3-2. P-2

P-2は平均樹齢が201年で、林冠層は1700～1829年の間に更新したコメツガと1820～1859年の間に更新したシラベおよびカンバ類によって構成され、全個体22本のうち6本は1840～1860年を境に、15本は1880～1890年を境にそれぞれ直径成長が増大している(図-6)。P-2に出現した22本の個体のうち18本は1840年以前に発生した個体で、少なくとも18個体が1度目の風害を免れたと考えられる。そして、1880年当時の胸高直径が1.9～16.9 cm(平均直径は7.3 cm)であったことから、2度目の風害後までに当時の直径が17.0 cm以上のすべての個体が根返りや幹折れの被害を受けて枯死したと推定される。

同パッチに出現した15本のコメツガを1880年以降の直径成長パターンの違いにより3つに分けて示す(図-6a～c)。すなわち図-6aに示した4本は2度目の風害直後の1880～1890年を境に直径成長の増大がみられなかった個体で、そのうち3本は傾斜木、ほかの1本は被圧木であった。図-6bの7本は1880～1890年を境に直径成長が増大し、1920年頃に直径成長の低下が認められる個体で、そのうちの5個体(直径6.8～16.9 cm)はそれよりサイズの大きいコメツ



が3個体(1880年当時樹齢119~212年)の樹冠下に、また直径6.8 cm以下の2個体は同パッチ内のシラベ2本(1880年当時樹齢28と43年)の樹冠下に位置していた(図-6d)。したがって、1920年頃の直径成長の低下は隣接木の被圧によるものと推定される。図-6cに示す4本は現在林冠木となっている個体で、風害当時の直径は7.0~12.2 cmであった。これらの個体は1880~1890年を境に直径成長の増大がみられるが、1920年頃に直径成長の低下がみられない点で図-6bの個体と異なっていた。

以上のことから、図-6b,cに見られる両者の直径成長パターンの違いは、1920年頃から隣接木の被圧の影響を受けたか否かに起因するものと推察される。なお1880年当時の直径が7.0 cm以下のサイズで現在林冠木となっているコメツガはなかった。

3-3. P-3

P-3は平均樹齢が120年で、同パッチに出現した個体39本のうち、コメツガの傾斜木1本を除く38本中半数の19本が1880年当時の胸高直径が1.8 cm以下で、いずれも1840~1880年の間に発生した個体であった。また、ほかの19本は1880~1920年の間に発生した個体(表-9のRT)であった。

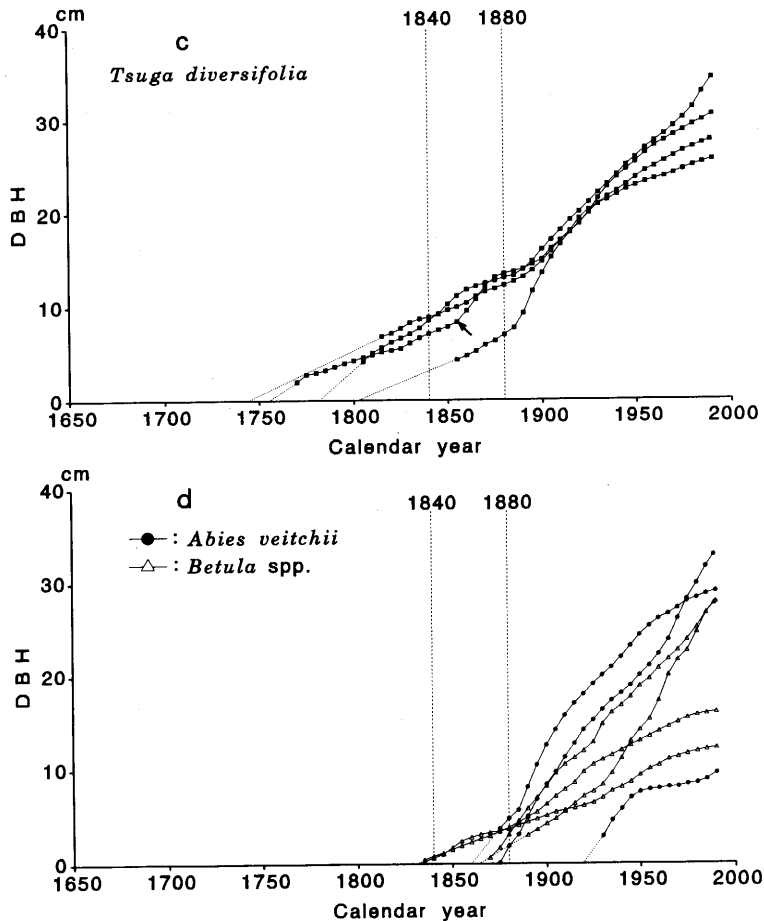


図-6 P-2における胸高部の直径成長曲線

Fig. 6. Diameter growth curves of trees at breast height in P-2.

Dotted line in the figure is the same as that in Fig. 5, Species: a-c: *Tsuga diversifolia*, d: *Abies veitchii* and *Betula* spp. Change of diameter growth; a: Trees showing no obvious increase of diameter growth ca. 110 years ago, b and c: Trees showing decrease of diameter growth ca. 70 years ago. c: Trees showing no obvious decrease of diameter growth ca. 70 years ago, Arrows: Increase of diameter growth.

樹種別では、コメツガは11本中8本が1840~1880年に発生したもの、シラベは16本中10本が1840~1880年に、6本が1880年以降に発生したもの、広葉樹類はダケカンバ1本を除く11本が1880年以降に発生したものであった(図-7、表-9)。

同パッチでは、1840年の風害により林冠部にギャップが生じて、林床に稚樹バンクが生じ、さらに2度目の風害によって当時の直径が1.8 cm以上のすべて個体(コメツガの傾斜木1本は除く)が根返りや幹折れなどによって枯死したものと考えられる。また、調査区内にみられる枯死木51本中32本の根株が同パッチ内に位置していることから、同パッチは2度の風害により著しい被害の生じた箇所であったと推定される。さらに枯死木にコメツガの割合が高いこと(図-

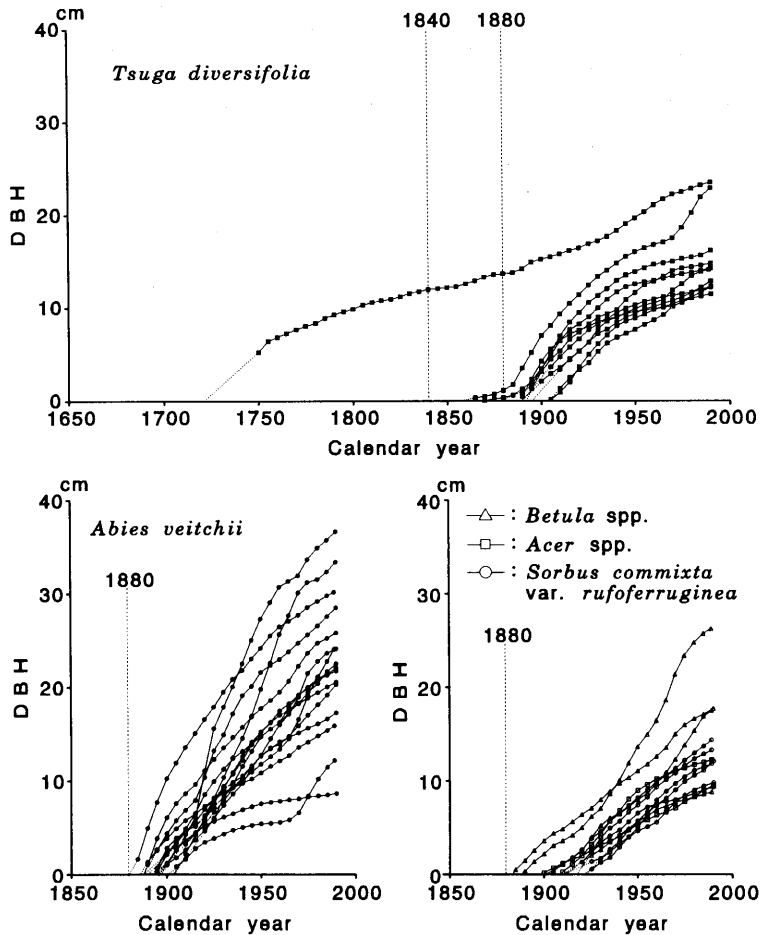


図-7 P-3における胸高部の直径成長曲線

Fig. 7. Diameter growth curves of trees at breast height in P-3. Dotted line in the figure is the same as that in Fig. 5.

3, 表-7) から, 1840年の風害以前の林分構成は現在のP-1に近い状態にあったと推察される。

また, P-3のコメツガ11本中7本に, P-2にみられたのと同様に1920年頃から直径成長の低下が認められる。これに対してシラベは19本中17本が1920年以降も順調に成長を続けている。したがって, 1920年頃からシラベがコメツガを被圧し始めたかと推定される。

V. ま と め

本調査区では150年前および110年前の2度の風害が発生し, 2度目の風害直後には林冠面積の約80%にギャップが生じていたと推定される。被害の中心はP-3, 被害を受けなかったのがP-1, 両者の移行部に相当するのがP-2であった。2度目の風倒害後約110年を経過した現在, P-1ではコメツガの成長が停滞した状態にある。P-2では比較的サイズの大きいコメツガが風害を受けずに残ったためにコメツガ4本とシラベ2本が林冠木となっている。P-3ではシラベ

と広葉樹類が優位に成長している。

先に述べたように、調査区内のコメツガのうち 1880 年当時の直径が 7.0 cm 以下のサイズで現在林冠木となっているものはなかった。一方、1880 年当時の直径が 7.0 cm 以上のコメツガには、傾斜木を除いて、現在シラベや広葉樹類によって樹冠部を被圧されているものはなかった。以上のことから本調査区のようにシラベとコメツガとが共存する標高域で風害が発生しギャップを生じた場合、被害を受けた林冠木にかわってコメツガが林冠木となるには、ある程度のサイズが必要であり、本調査区においては少なくとも胸高直径 7.0 cm 以上のサイズが必要である。これ以上のサイズのコメツガが存在しないときにはシラベやカンバ類が有利に更新すると推察される。換言すると、シラベはコメツガの前生樹が直径 7.0 cm 以下である場合、風害後に発生した個体であっても 100 年足らずで林冠部を占めることが可能であるといえる。

本調査区内の各パッチの中で平均樹齢が 286.0 年ともっとも高かった P-1 にはシラベがみられず、コメツガが優占していた。また、本調査区における最高樹齢はコメツガが 351 年、シラベが 153 年であった。一方、KANZAKI (1984) が光岳の亜高山性針葉樹林に設置した調査区においても、平均樹齢が 371.2 年のパッチにシラベ、オオシラビソがみられず、コメツガが優占していた。その理由として、*Abies* は *Tsuga* にくらべて寿命が短かく（神崎・沼田，1981，KANZAKI; 1984）、耐陰性も劣る（中村・小幡，1982）ことがあげられている。これらのことから寿命および耐陰性ともにコメツガの方が高いといえる。

本調査区における両者の生育状態をみるかぎり、シラベの林冠下に生育するコメツガには成長の低下はみられるものの、それによって枯死するものはきわめて少ないと考えられる。したがって、今後 P-2, P-3 では相対的に寿命の短いシラベが徐々に本数を減らし、やがては P-1 のようなコメツガの優占する林分に推移するものと考えられる。

今後定期的な追跡調査を行うことにより、今回設置した調査林分の各パッチがどの様に推移するかを検証したい。

要 旨

1. 秩父山地の標高約 1970 m に位置する亜高山性針葉樹優占の林分について、更新過程と過去の風害が与えた攪乱の影響を明らかにする目的で、主に構成木の樹齢と直径成長について調査を行った。

2. 調査林分の林床には北向きの倒木の上に東向き古い倒木がみられた。これら上下 2 種の倒木は、調査区内の樹齢構成と直径成長パターンの解析から約 110 年前および 150 年前の 2 度の風害により生じたものと推定された。

3. 調査区内はその中の各個体の樹齢構成および直径成長パターンに基づいて P-1, P-2 および P-3 の 3 つのパッチに分けられた。

P-1 は 2 度の風害をほとんど受けなかった部分で、樹齢 240~360 年のコメツガが優占していた。P-2 は 2 度の風害によって胸高直径 17.0 cm 以上の個体に被害が生じた部分で、樹齢 160~290 年のコメツガと樹齢 90~170 年のシラベおよびカンバ類が高木層を構成していた。P-3 は 2 度の風害によって胸高直径 1.8 cm 以上の個体が被害を受けた部分で、高木層は樹齢 70~140 年のシラベと落葉広葉樹によって構成されていた。

4. P-2 において現在林冠を構成しているコメツガには、2 度目の風害当時に胸高直径が 7.0

cm 以下であったものはない。したがって、コメツガとシラベが共存する標高域で風害が生じた場合、被害を受けた林冠構成木に代わってコメツガが林冠を占めるにはある程度のサイズが必要で、本調査区のそれは胸高直径 7.0 cm 以上であった。それに相当する個体が存在しない場合にはシラベや落葉広葉樹が有利に更新するものと推定される。

5. 現在 P-2 および P-3 の林冠層を構成するシラベや落葉広葉樹は、コメツガに比べて寿命が短かく、また耐陰性も低いので、長期にわたる遷移過程の中で徐々にコメツガに交代し、やがてそこは P-1 のようなコメツガの優占する林分に移行するものと推定される。

キーワード： 秩父山地，天然林，更新，針葉樹林，風害

引用文献

- HALLÉ, F. OLDEMAN, R. A. A. and TOMLINSON, P. B.: Tropical trees and forests, pp. 332-385, Springer-Verlag, Berlin, 1978.
- HARTSHORN, G. S.: Gap-phase dynamics and tropical tree species richness in Tropical Forests, In: Tropical Forests ed. by Holm-Nielsen, L. B., Nielsen, I. C. and Balslev, H., pp. 65-73, Academic Press, London, 1989.
- 平吹善彦：分布北限域に位置する一温帯混交林の構造と木本構成種の生態的特性，宮城教育大学紀要 25: 23-43, 1990.
- KANZAKI, M.: Regeneration in Subalpine Forests I. Mosaic Structure and Regeneration Process in a *Tsuga diversifolia* Forest, Bot. Mag. Tokyo 97: 297-311, 1984.
- ・沼田 真：大井川源流部原生自然環境保全地域の森林植生の構造と更新過程，大井川源流部原生自然環境保全地域調査報告書：183-217，環境庁，東京，1981.
- 気象庁統計課：任意地点の月平均気温（累年平均値）の推定方，気象技術報告 2, 1960.
- 前田楨三・島崎芳雄：秩父山岳林植生の研究（第 1 報）亜高山帯及び高山帯に就いて，東大演報 39: 171-184, 1951.
- 中村俊彦・小幡和男：シラベ，コメツガの生態学的特性に関する研究 I. 富士山亜高山帯林のギャップにみられる稚樹の動態，東大演報 72: 121-138, 1982.
- RUNKLE, J.: Gap regeneration in some old-growth forests of the eastern United States, Ecology, 62: 1041-1051, 1981.
- 埼玉県：新編埼玉県史（別編 3），pp. 83-250, 埼玉県，1986.
- 関口 武：日本各地の気温減率，科学 19: 517, 1949.
- 住田芳太郎：秩父演習林に於けるコメツガ天然林の組成並に更生状態，東大演報，26: 33-79, 1939.
- 鈴木英治：ツガ天然林の更新 II. 約 260 年前および 50 年前におこった 2 回の更新過程，日本生態学会誌 30: 333-346, 1980.
- ：ツガ天然林の更新 III. 針葉樹稚樹が少ない林冠ギャップ下の更新とギャップ形成時の一推定法，日本生態学会誌 31: 307-316, 1981.
- 高村達夫：ツガ林における林冠ギャップの修復過程，東大・農・卒論，1982.
- 秩父演習林：東京大学秩父演習林 50 年誌，東京大学農学部附属秩父演習林，66 pp, 1966.
- 渡邊定元：北海道天然生林のサクセッションのパターンについて，北方林業 261: 1-8, 1970.
- ：北海道天然生林の樹木社会学的研究，pp. 59-85, 1985, 北海道営林局.
- WHITMORE, T. C.: Tropical rain forests of the Far East, pp. 15-36, Clarendon Press, Oxford, 1984.
- (1991 年 10 月 24 日受理)

Summary

1. A stand (437.8 m²) dominated by subalpine conifers at an altitude of ca. 1970 m in the Chichibu Mountains, Central Japan, was studied in order to clarify the processes of its regeneration caused by wind damage occurring in it more than a hundred years ago.
2. Old fallen trees lying in two different directions, a northerly direction and, lying on

those, in an easterly direction, were found on the stand floor. Analyses of diameter growth and age composition of the standing trees within the stand suggested that these two groups of fallen trees were blown down by wind storms which occurred twice ca. 110 and 150 years ago.

3. The stand could be divided into three patches, P-1, P-2 and P-3, mainly based on the age composition and the diameter growth pattern of the trees standing in it. The patch P-1 is an area where the stand was saved from the two occurrences of wind damage, and is occupied mainly by *Tsuga diversifolia* trees ranging from 240 to 360 years old. P-2 is an area where trees with DBH larger than 17.0 cm were blown down by the storms, and the tree layer is mainly composed of *T. diversifolia* ranging from 160 to 290 years old and of *Abies veitchii* and *Betula* spp. ranging from 90 to 170 years old. P-3 is an area where trees with DBH larger than 1.8 cm were killed by the storms, and the tree layer in it is mainly composed of *A. veitchii* and deciduous broad-leaved tree species ranging from 70 to 140 years old.

4. All of the trees of *T. diversifolia* occupying the canopy layer in P-2 at present were no smaller than 7.0 cm in DBH at the time of second occurrence of wind damage. Thus, this fact suggests that the gaps in the canopy created by wind damage at high altitudes, where *T. diversifolia* coexists with *A. veitchii*, can be filled by *T. diversifolia* only when advanced trees larger than a certain size have existed under the canopy. In the case of the stands studied, this size is 7.0 cm in DBH. If the trees are smaller, *A. veitchii* and some deciduous broad-leaved tree species can occupy profitable positions in the regeneration.

5. *A. veitchii* and deciduous broad-leaved tree species composing the canopy layer in the areas P-2 and P-3 at present are gradually being replaced by *T. diversifolia* in the long course of succession, because the latter is characterized by a longer life span and higher shade tolerance and so has an advantage over the former.

Key words: Chichibu Mountains, Coniferous forest, Natural forest, Regeneration, Wind damage