

秩父山地亜高山帯域における風倒跡地林分の再生過程

澤田晴雄*・梶 幹 男**・五十嵐勇治*・大村和也*

Regeneration Process of the Stand on Windfall Site in the Subalpine Forest Zone of the Chichibu Mountains

Haruo SAWADA*, Mikio KAJI**, Yuji IGARASHI* and Kazuya OHMURA*

はじめに

亜高山針葉樹天然林において、風倒あるいは伐採、山火事などによって著しい林冠部の破壊が生じた場合、更新の初期段階では成長の早い広葉樹型になり、やがて成長の遅い針葉樹型の林分へと移行することが一般に知られている（前田，1978；山中，1979）。亜高山帯域で発生した風倒跡地の再生過程については北海道での報告がいくつか知られているが（林，1975；加藤・松田，1986；肥後ら，1987），秩父山地の亜高山帯域で風倒跡地の再生過程を追跡調査した例はない。

1959年の15号台風（伊勢湾台風）は、関東・東海地方の森林に甚大な被害をもたらした。東京大学秩父演習林における被害も局所的に大きく、人工林ではヨーロッパトウヒ、ヨーロッパアカマツ、ハンテンボクなど外来樹種のほか、スギやカラマツ造林地の一部にも被害が発生し、人工林の被害は合計1,487 m³に及んだ。また、天然林においても、雁坂峠への登山道沿いの樺小屋からダルマ坂にかけての東向き斜面、入川沿いの南向き斜面などで局所的に風倒が発生した（秩父演習林，1966）。筆者らは、伊勢湾台風により生じた風倒跡地に調査区を1971年に設置して、1994年までの23年間に数年おきに計4回の調査測定を実施した。今回は、これらの調査によって得られた結果に基づいて、風倒跡地の再生過程と今後の推移について若干の考察を加えたので報告する。

調査地の概況

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1,950 m地点の尾根上に、面積130 m²の調査区を1971年に設置した（図-1）。調査区の概況は、平均傾斜度が31°、斜面方位が南東向き、地質は秩父中生層、土壌型はP_{DM}、土性は埴質壤土である。

調査区に近い標高1,970 m地点にあるコメツガ-シラベ林の推定気温は年平均気温が4.4°C、暖かさの指数36.5°C・月、寒さの指数-43.6°C・月であり（沢田・梶，1992），本調査区もほぼ同じ温度条件下にあると考えられ、温量的には亜高山帯のほぼ中央部に位置しているといえる。

* 東京大学農学部附属演習林秩父演習林

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

** 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.

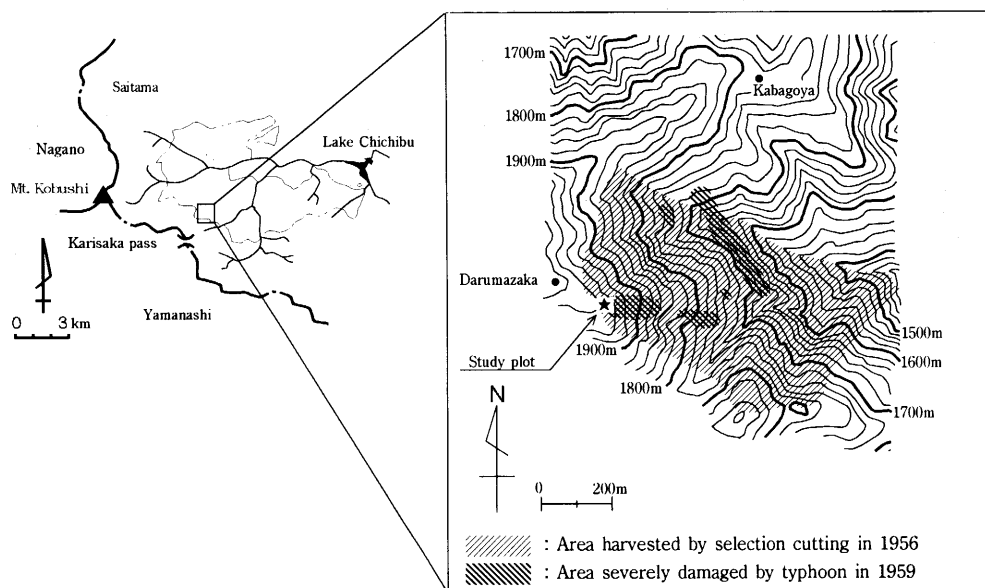


図-1 調査区の位置.

Fig. 1. Position of study plot.

調 査 方 法

毎木調査はこれまでに1971年、1978年、1986年、1994年の計4回行い、1971年に調査区内に出現する樹高1.2 m以上の個体すべてをナンバーテープで標識して胸高直径（地上1.2 m）と樹高を測定し、それ以降の3回は胸高直径と樹高の測定および新たに樹高1.2 m以上となった個体（以下、進界木とする）の追加を行った。ただし、アセビ、ハクサンシャクナゲ、コヨウラクツツジは1978年と1986年に新たに樹高1.2 mに達した個体の追加を行っていなかったため、全個体を調査したのは1971年と1994年の2回だけである。

樹高は各調査年に全個体の約30%の本数について測高ポールにより測定し、それらの胸高直径と樹高との関係式から、測定しなかった個体の樹高を計算により推定した。

結 果

1. 風倒以前の林分構成

調査区を含む一帯では、1956年に標高1,400~1,960 mの面積約32 haの天然林において択伐施業（択伐率30%）が行われており、その3年後の1959年に伊勢湾台風により択伐施業地内で局所的に風倒が発生した（図-1）。

調査区内の択伐前の樹種構成は、胸高直径10 cm以上の個体が10本あり、そのうち9本がコメツガ、1本がシラベであった（図-2）。択伐施業ではこのうちコメツガ3本が伐採され、残りの7本は伊勢湾台風により風倒している。したがって同台風の直後には直径10 cm以上の個体が全て失われたことになる。

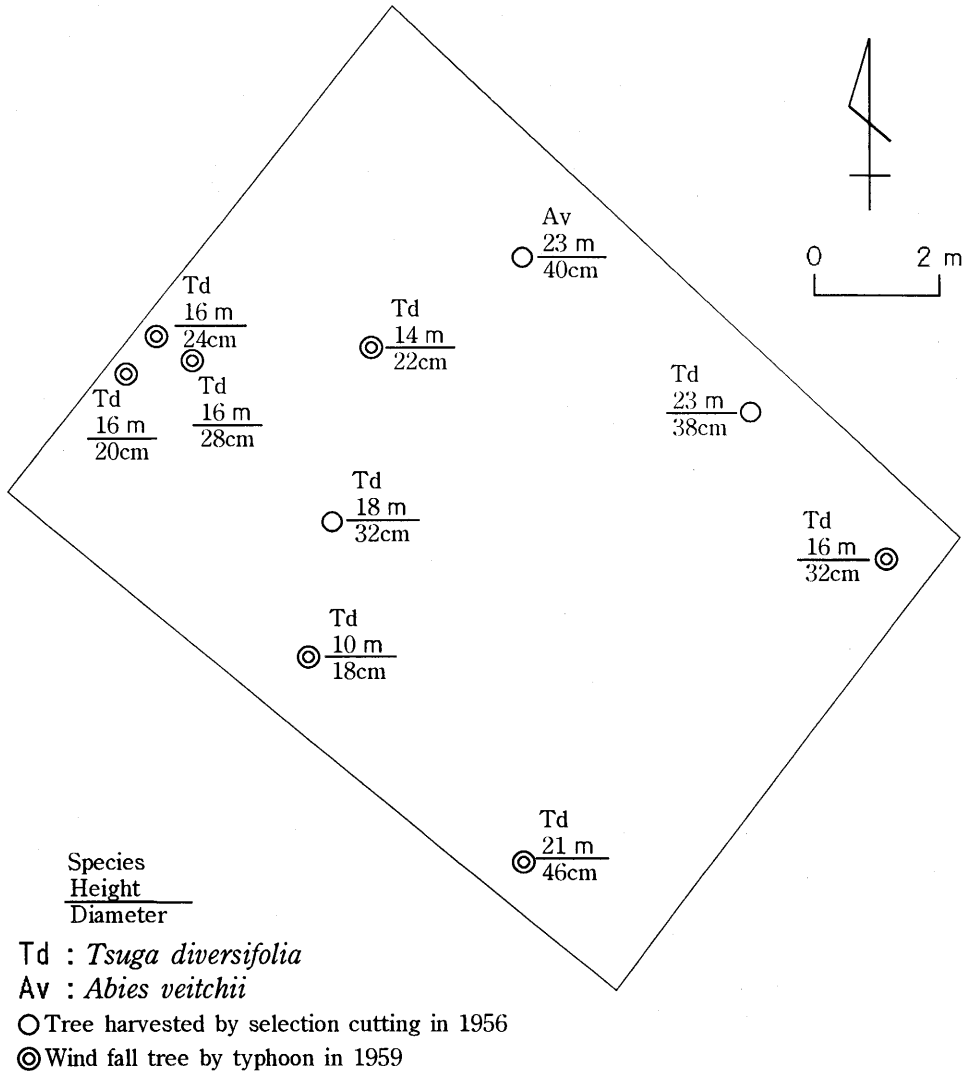


図-2 択伐前の立木位置.

Fig. 2. Distribution map of standing trees before selection cutting in the study plot.

一方、直径 10 cm 未満の個体については台風直後に調査されていないので詳しい状況は知り得ないが、1989 年に調査区の周辺林分から採取した 7 樹種、計 22 本の試料についての樹幹解析(沢田・梶, 1992) から、コメツガとシラベは台風以前に発生した前生樹と択伐施業以降に更新したものがあ、カンバ類などの広葉樹の多くは択伐施業以降に更新したものと推定された。

2. 林分構造の推移

風害から 12 年経過した 1971 年の調査区の樹種構成を表-1 に示す。ダケカンバが胸高断面積合計 (以下, BA) 割合 39.3% で優占し、そのほか BA 割合で 10.0% 以上を占める樹種はコメツ

表-1 調査区 1971 年の樹種構成
Table 1. Species composition in the study plot in 1971

Species	N	N/ha	N%	BA (m ²)	BA/ha	BA%
<i>Betula ermanii</i>	88	6769	25.5	0.0561	4.3161	39.3
<i>Tsuga diversifolia</i>	36	2769	10.4	0.0235	1.8077	16.5
<i>Sorbus commixta</i> var. <i>rufoferruginea</i>	121	9308	35.0	0.0226	1.7381	15.8
<i>Betula maximowicziana</i>	18	1385	5.2	0.0154	1.1852	10.8
<i>Acer tschonoskii</i>	42	3231	12.2	0.0103	0.7895	7.2
<i>Abies veitchii</i>	9	692	2.6	0.0080	0.6119	5.6
<i>Acer ukurunduense</i>	5	385	1.4	0.0032	0.2440	2.2
<i>Aralia elata</i>	4	308	1.2	0.0027	0.2058	1.9
<i>Salix bakko</i>	4	308	1.2	0.0004	0.0301	0.3
<i>Hydrangea paniculata</i>	1	77	0.3	0.0002	0.0175	0.2
<i>Pinus densiflora</i>	2	154	0.6	0.0001	0.0088	0.1
<i>Enkianthus campanulatus</i>	7	538	2.0	0.0001	0.0085	0.1
<i>Picea jezoensis</i> var. <i>hondoensis</i>	1	77	0.3	0.0001	0.0049	+
<i>Vaccinium hirtum</i>	1	77	0.3	+	0.0022	+
<i>Thuja standishii</i>	1	77	0.3	+	0.0022	+
<i>Pieris japonica</i>	1	77	0.3	+	0.0015	+
<i>Acer japonicum</i>	2	154	0.6	+	0.0011	+
<i>Pinus parviflora</i> var. <i>pentaphylla</i>	1	77	0.3	+	0.0010	+
<i>Prunus nipponica</i>	1	77	0.3	+	0.0005	+
Total	345	26540	100.0	0.1427	10.9767	100.0

N. B. Number of stems per 130 m² (N) and 1.0 ha (N/ha), its relative value (N%), basal area per 130 m² (BA) and 1.0 ha (BA/ha) and its relative value (BA%) of stems with height more than 1.2 m are given to each species.

が、サビハナナカマドおよびウダイカンバであった。本数割合で10%以上を占める樹種はサビハナナカマド、ダケカンバ、ミネカエデおよびコメツガであった。

風倒から35年経過した1994年の調査区の樹種構成を表-2に示す。1971年と同じくダケカンバが優占し、BA割合は41.7%でほぼ同じ割合であった。その他に、BA割合で10.0%以上を占める樹種はシラベ、サビハナナカマドおよびコメツガで、シラベのBA割合は1971年の5.6%から14.6%に増加している。一方、ウダイカンバのそれは10.8%から4.9%に減少している。また、本数割合で10%以上を占める樹種はアセビ、サビハナナカマド、コメツガ、ダケカンバで、アセビが大きく本数を増やしている。

1971年と1994年における調査林分全体の状況を比較すると、この23年間で個体数は345本から337本でほぼ横ばい、BAは11.0 m²/haから40.4 m²/haになり、約3.7倍に増大している。出現樹種数は1971年が19種、1994年が17種であった。枯死した樹木の総本数は調査区当たり139本で、そのうちダケカンバが43本でもっとも数が多かった。一方、進界木の総数は40本で、そのうちコメツガが27本でもっとも数が多かった。1971年に出現した樹種のうち、1994年までに全てが枯死した樹種はタラノキ、バッコヤナギ、ノリウツギ、ネズコ、ハウチワカエデ、ミネザクラの6種で、逆に1971年には出現していなかったが、1994年までに追加された樹種はハクサンシャクナゲ、コヨウラクツツジ、リョウブ、カラマツの4種であった。

1994年にBA割合が4.9%以上であったコメツガ、シラベ、ダケカンバ、ウダイカンバ、サビ

表-2 調査区の1994年の樹種構成

Table 2. Species composition in the study plot in 1994

Species	N	N/ha	N%	BA (m ²)	BA/ha	BA%
<i>Betula ermanii</i>	45	3461	13.3	0.2192	16.8615	41.7
<i>Abies veitchii</i>	11	846	3.3	0.0769	5.9154	14.6
<i>Sorbus commixta</i> var. <i>rufoferruginea</i>	83	6385	24.6	0.0762	5.8616	14.5
<i>Tsuga diversifolia</i>	52	4000	15.4	0.0699	5.3769	13.3
<i>Acer tschonoskii</i>	19	1461	5.6	0.0268	2.0615	5.1
<i>Betula maximowicziana</i>	5	385	1.5	0.0258	1.9846	4.9
<i>Pieris japonica</i>	96	7384	28.5	0.0186	1.4308	3.5
<i>Acer ukurunduense</i>	5	385	1.5	0.0076	0.5846	1.5
<i>Enkianthus campanulatus</i>	7	538	2.1	0.0014	0.1077	0.3
<i>Pinus parviflora</i> var. <i>pentaphylla</i>	1	77	0.3	0.0013	0.1000	0.3
<i>Pinus densiflora</i>	1	77	0.3	0.0009	0.0692	0.2
<i>Rhododendron brachycarpum</i>	4	308	1.2	0.0004	0.0308	0.1
<i>Menziesia pentandra</i>	1	77	0.3	0.0001	0.0077	+
<i>Larix kaempferi</i>	1	77	0.3	0.0002	0.0154	+
<i>Vaccinium hirtum</i>	4	308	1.2	0.0001	0.0077	+
<i>Picea jezoensis</i> var. <i>hondoensis</i>	1	77	0.3	0.0002	0.0154	+
<i>Clethra barbinervis</i>	1	77	0.3	0.0001	0.0077	+
Total	337	25923	100.0	0.5257	40.4385	100.0

N. B. Number of stems per 130 m² (N) and 1.0 ha (N/ha), its relative value (N%), basal area per 130 m² (BA) and 1.0 ha (BA/ha) and its relative value (BA%) of stems with height more than 1.2 m are given to each species.

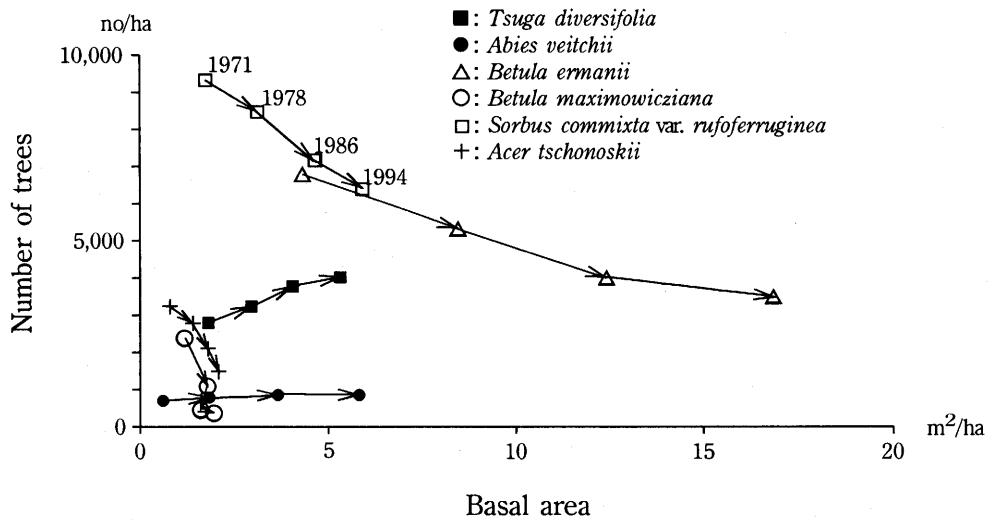


図-3 主要7樹種の23年間(1971-1994年)における胸高断面積と本数の推移。

Fig. 3. Changes of basal area and number of stems in each seven main tree species in these 23 years (1971-1994) in the study plot.

表-3 調査区における 1971 年の樹種別直径および樹高階分布
 Table 3. Diameter and height class distribution of the trees in the plot in 1971

Species	Diameter class (cm)					Height class (m)					
	<2	<4	<6	<8	<10	<2	<3	<4	<5	<6	<7
<i>Betula ermanii</i>	44	27	16	1		6	27	19	23	10	3
<i>Betula maximowicziana</i>	7	8	2	1		1	4	4	5	3	1
<i>Sorbus commixta</i> var. <i>rufoferruginea</i>	96	24	1			37	40	31	12	0	1
<i>Aralia elata</i>	1	3				0	1	0	2	0	1
<i>Acer tschonoskii</i>	30	12				8	13	14	6	1	
<i>Abies veitchii</i>	4	2	3			2	3	1	2	1	
<i>Tsuga diversifolia</i>	27	4	2	2	1	16	12	6	1	1	
<i>Acer ukurunduense</i>	1	4				0	1	0	4		
<i>Hydrangea paniculata</i>	1					0	0	1			
<i>Salix bakko</i>	4					2	2				
<i>Enkianthus campanulatus</i>	7					7					
<i>Pinus densiflora</i>	2					2					
<i>Acer japonicum</i>	2					2					
<i>Pieris japonica</i>	1					1					
<i>Vaccinium hirtum</i>	1					1					
<i>Thuja standishii</i>	1					1					
<i>Picea jezoensis</i> var. <i>hondoensis</i>	1					1					
<i>Pinus parviflora</i> var. <i>pentaphylla</i>	1					1					
<i>Prunus nipponica</i>	1					1					
Total	232	84	24	4	1	89	103	76	55	16	6

ハナナカマドおよびミネカエデの 6 樹種について ha 当りの本数と BA の推移を図-3 に示す。同図から、各樹種の大まかな傾向をみると、本数と BA ともに増加傾向を示すものにコメツガが、本数はほとんど変化しないが、BA は増加傾向を示すものにシラベが、本数は減少し、BA は増加傾向を示すものにサビハナナカマドとダケカンバが、また本数は減少し、BA は停滞傾向を示すものにミネカエデとウダイカンバが、それぞれ該当することがわかる。

3. 階層構造の推移

調査区の 1971 年の直径階および樹高階分布を表-3 に示す。直径階分布は 2 cm 以下の階級にピークを持つ L 型分布で同階級に全個体数の 67.2% が集中している。樹高階分布は 4 m 以下の階層にピークを持つ一山型の分布を示す。

調査区の 1994 年の直径階および樹高階分布を表-4 に示す。1994 年では 1971 年と同様に 4 cm 以下の階級にピークを持つ L 型分布を示すが、分布の幅は 16-18 cm の階級まで広がっている。樹高階分布は 3 m 以下の階層にピークを持ち、5-6 m と 10-11 m の階層にも小さなピークが認められた。

1994 年の樹高階分布から、1.2-4 m を低木層、4-9 m を亜高木層、9 m 以上を高木層として、各階層で優占する樹種をあげると、高木層はダケカンバが圧倒的に優占している。亜高木層で本数が 10 本以上の樹種はサビハナナカマド、ダケカンバ、コメツガおよびミネカエデである。同じく低木層で本数が 10 本以上を占める樹種はアセビ、コメツガおよびサビハナナカマドである。

表-4 調査区における1994年の樹種別直径および樹高階分布
Table 4. Diameter and height class distribution of the trees in the plot in 1994

Species	Diameter class (cm)											Height class (m)										
	<2	<4	<6	<8	<10	<12	<14	<16	<18	<2	<3	<4	<5	<6	<7	<8	<9	<10	<11	<12	<13	<14
<i>Abies veitchii</i>	1	3	2	1	1	0	0	2	1	0	4	1	0	2	1	0	0	1	1	0	0	1
<i>Betula ermani</i>	0	7	13	8	6	8	2	1	0	0	0	0	0	4	2	6	10	5	9	6	3	
<i>Betula maximowicziana</i>	0	0	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3			
<i>Acer tschonoskii</i>	2	10	2	5	0	0	2	5	2	1	2	0	2									
<i>Sorbus commixta</i> var. <i>rufoferruginea</i>	23	41	16	2	1	1	9	14	16	22	11	6	4									
<i>Tsuga diversifolia</i>	29	9	8	0	4	1	1	17	13	8	7	4	2	1								
<i>Acer ukurunduense</i>	0	1	4	0	0	0	0	2	3													
<i>Pteris japonica</i>	64	32	46	47	3																	
<i>Enkianthus campanulatus</i>	5	2	1	4	2																	
<i>Pinus parviflora</i> var. <i>pentaphylla</i>	0	0	1	0	0	1																
<i>Pinus densiflora</i>	0	1	0	0	1																	
<i>Rhododendron brachycarpum</i>	4	2	2																			
<i>Larix kaempferi</i>	1	0	1																			
<i>Vaccinium hirtum</i>	1	0	1																			
<i>Menziesia pentandra</i>	4	4																				
<i>Picea jezoensis</i> var. <i>hondoensis</i>	1	1																				
<i>Clethra barbinervis</i>	1	1																				
Total	136	106	48	16	14	10	3	3	1	73	81	32	28	39	21	15	17	6	15	6	3	1

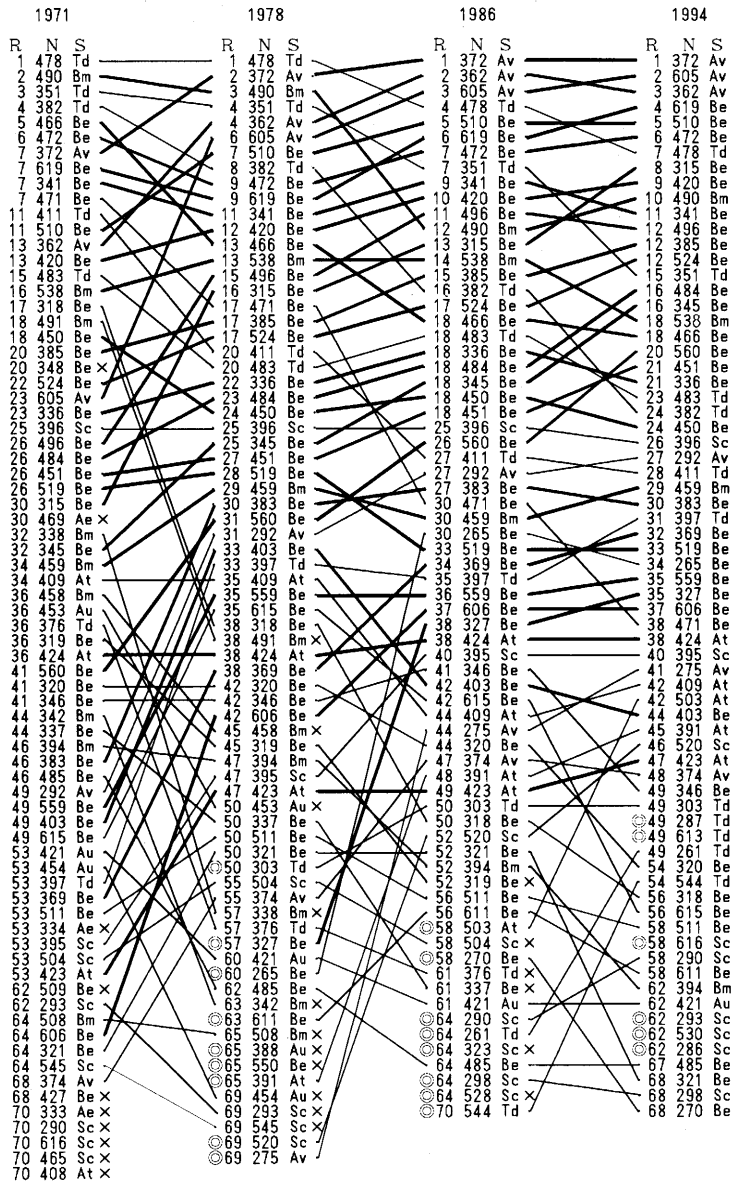


図-4 胸高直径順位 70 位以上の全樹木の 23 年間 (1971-1994 年) の順位変動.

Fig. 4. Changes of DBH-rank of all the stems ranking higher than 70th. in these 23 years (1971-1994) in the study plot.

N. B. R: DBH-rank, N: a number of stem and S: species; Td: *Tsuga diversifolia*, Av: *Abies veitchii*, Be: *Betula ermanii*, Bm: *B. maximowicziana*, Sc: *Sorbus commixta* var. *rufoferruginea*, Ae: *Aralia elata*, At: *Acer tschonoskii* and Au: *A. ukurunduense*.

x: stems of which DBH-rank became lower than 70th. or died in the next time of measurement, o: stems of which DBH-rank were lower than 70th. in the former time of measurement.

—: canopy trees in 1994, - - -: non canopy trees in 1994.

高木層を構成する樹木の1994年の平均直径および平均樹高はそれぞれ10.7 cmと10.9 mで、1971年のそれは4.3 cmと5.1 mであった。また、高木層を構成する樹木の胸高直径と樹高の年平均成長量は、それぞれ0.27 cmと0.24 mで、亜高木層のそれは0.14 cmと0.20 mであった。

樹種別に樹高階分布の推移をみると、コメツガは1971年(表-3)、1994年(表-4)ともに樹高2 m以下の階層にピークを持つL型分布で、1971年以降に更新した稚樹が多く見られた。シラベは不明瞭な二山型の分布から不連続な分布に変化している。ダケカンバ、ウダイカンバ、サビハナナカマド、ミネカエデおよびオガラバナは1971年、1994年ともに一山型を示し、ピーク的位置は高い階層に移行していた。また1994年には、ダケカンバは5 m以下、ウダイカンバは7 m以下、ミネカエデは3 m以下、オガラバナは5 m以下の個体がないことから、今後、新たな個体数の増加はないものと推定される。

なお、サビハナナカマドとミネカエデには萌芽枝からなる株を形成しているものがあり、1994年の調査地におけるサビハナナカマドは12株で1株当たり平均2.5本(最大7本)、ミネカエデのそれは6株で平均2.3本(最大4本)であった。

4. 林冠構成木の成長経過と順位変動

各調査年において胸高直径の大きい順に70位以上の個体と、それらの順位変動を図-4に示す。ただし、図中の順位はツツジ類(アセビ、ハクサンシャクナゲ、サラサドウダンおよびコヨウラクツツジ)を除き直径の大きい順に表したものである。なお、該当する各年の個体数と最下位のものの順位はそれぞれ1971年が336本、332位、1978年が299本、297位、1986年が248本、248位、1994年が225本、223位であった。

図-4から、1994年に高木層を形成していた個体は31本で順位はすべて47位以上であるが、それらは1971年の順位がいずれも64位以上であり、1971年の時点で既に上位にある個体であった。またコメツガは直径では上位にあるが、直径の割に樹高が低いいため、1994年の時点で高木層に達している個体はなかった。

各調査年ごとにツツジ類と枯死木および進界木を除く個体を対象にして、直径順位がどの程度入れ替わっているのかをSpearmanの順位相関係数(米田ら、1981)を求め、表-5に示した。全個

表-5 樹種ごとの各調査年間におけるスピアマンの順位相関係数

Table 5. Routine of Spearman's rank correlation coefficient for each tree species between study years

Species	1971-1978 (Number of tree)	1978-1986 (Number of tree)	1986-1994 (Number of tree)
All the trees in the stand	0.941** (224)	0.980** (214)	0.989** (212)
<i>Tsuga diversifolia</i>	0.963** (28)	0.975** (31)	0.980** (41)
<i>Abies veitchii</i>	0.988** (10)	0.988** (10)	0.957** (11)
<i>Betula maximowicziana</i>	0.920** (13)	1.000** (6)	1.000* (5)
<i>Betula ermanii</i>	0.926** (54)	0.958** (49)	0.988** (45)
<i>Sorbus commixta</i> var. <i>rufoferruginea</i>	0.949** (83)	0.981** (84)	0.985** (81)
<i>Acer tschonoskii</i>	0.916** (26)	0.971** (23)	0.970** (19)
<i>Acer ukurunduense</i>	0.825 (5)	0.900 (5)	0.975 (5)

N. B. *: $p < 5\%$, **: $p < 1\%$

Tsuga diversifolia

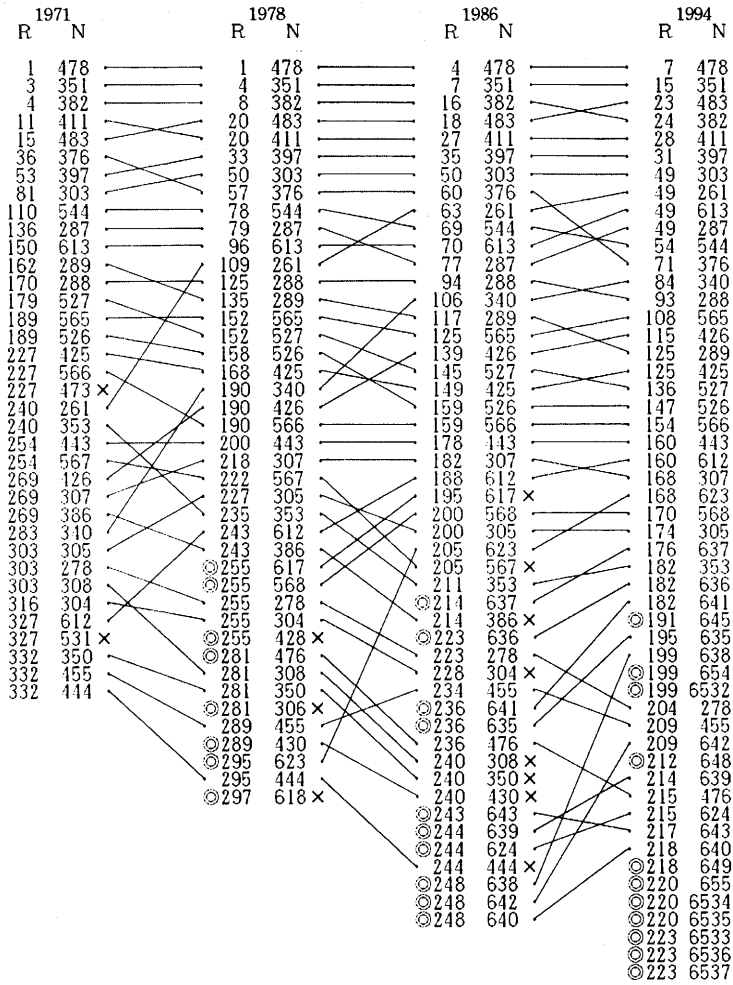


Fig. 5-1.

Abies veitchii

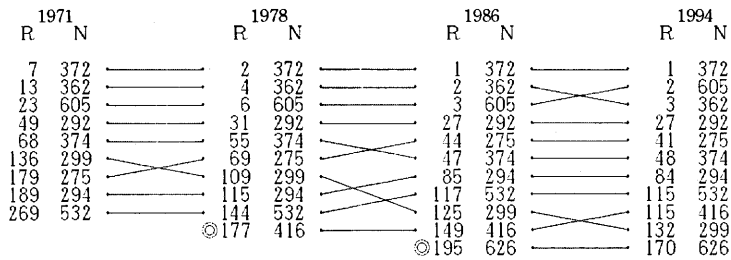


Fig. 5-2.

Betula ermanii

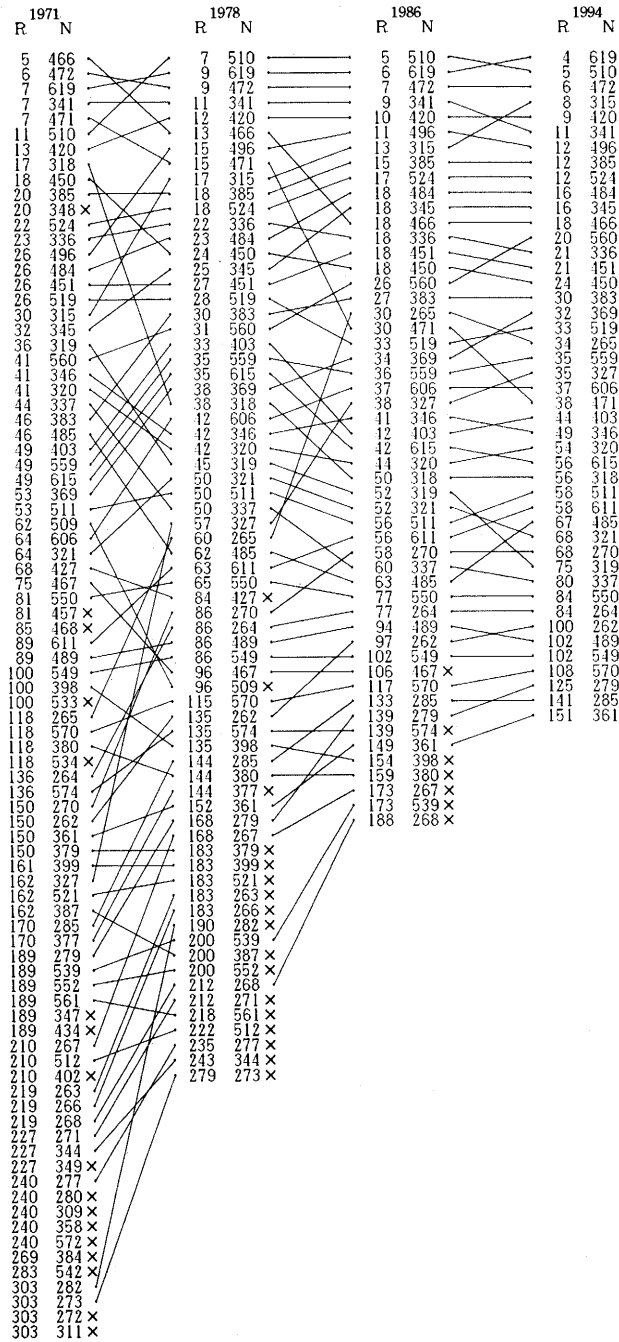


Fig. 5-3.

Betula maximowicziana

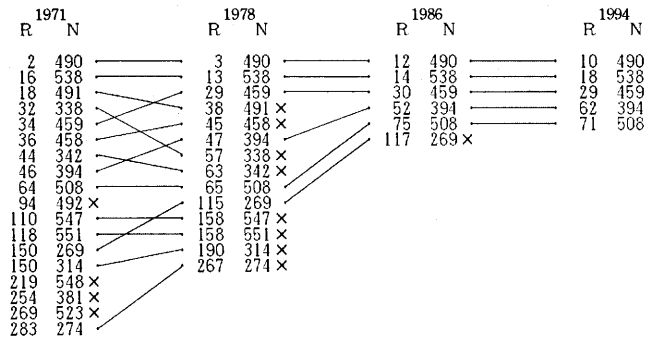


Fig. 5-4.

Acer tschonoskii

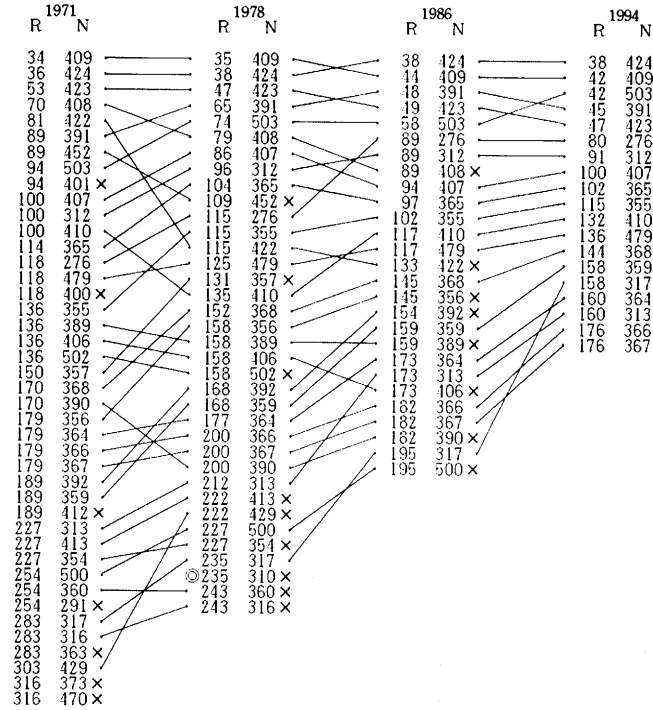


Fig. 5-5.

Acer ukurunduense

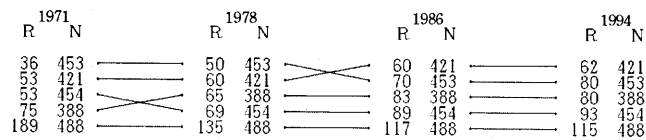


Fig. 5-6.

Sorbus commixta var. *rufoferruginea*

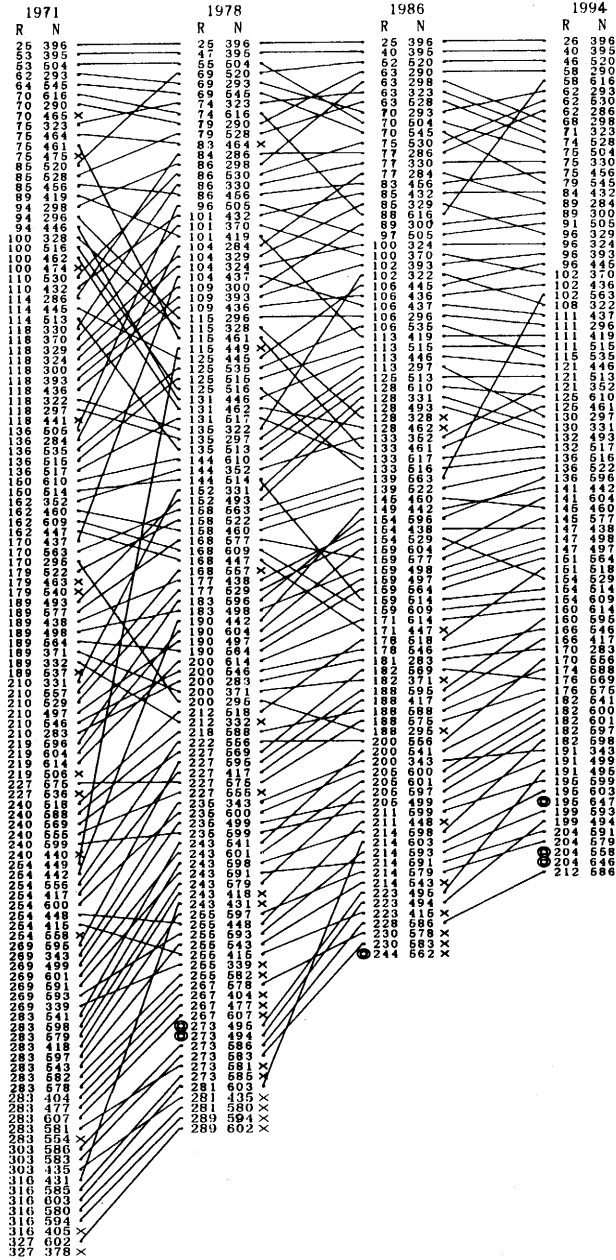


Fig. 5-7.

図-5 主要7樹種毎の23年間の胸高直径順位の変動。

Fig. 5. Changes of DBH-rank of the stems for each seven main tree species in these 23 years (1971-1994) in the study plot.

Symbols in each figure are the same as Fig. 4.

表-6 各調査年の樹種別枯死率と全体の枯死率との χ^2 検定結果

Table 6. Mortality rate and its chi-square distribution for each tree species between study years

Species		1971-1978	1978-1986	1986-1994
All the trees in the stand	Mortality rate	16.3%	19.2%	14.9%
<i>Tsuga diversifolia</i>	Mortality rate	5.6%	7.9%	16.7%
	χ^2	6.5	6.1	0.1*
<i>Betula ermanii</i>	Mortality rate	19.3%	23.9%	13.5%
	χ^2	0.4*	0.9*	0.1*
<i>Betula maximowicziana</i>	Mortality rate	22.2%	57.1%	16.7%
	χ^2	1.8*	72.7	0.1*
<i>Acer tschonoskii</i>	Mortality rate	16.7%	25.7%	29.6%
	χ^2	0.0*	1.9*	13.5
<i>Sorbus commixta</i> var. <i>rufoferruginea</i>	Mortality rate	12.4%	16.7%	12.1%
	χ^2	0.7*	0.2*	0.4*

N. B. *: $p < 5\%$

体の順位相関係数は各調査年前後で 1% 水準で有意な関係が認められた。各調査年間の順位相関係数は 1971~1978 年が 0.941, 1978~1986 年が 0.980, 1986~1994 年が 0.989 と推移し、直径順位が 1971~1978 年の 7 年間に大きく変動し、1978~1986 年および 1986~1994 年の 8 年間はいずれも 1971~1978 年のそれに比べて変動が小さかった。

5. 樹種別の順位変動

樹種別に Spearman の順位相関係数を求めた (表-5)。個体数が少ないオガラバナ以外の順位相関係数は、各調査年前後でウダイカンバの 1986~1994 年の 5% 水準を除いて、いずれも 1% 水準で有意であった。各樹種の順位相関係数の推移は、サビバナナカマドとミネカエデが全個体と同じく 1971~1978 年に大きく順位が変動し、1978~1986 年と 1986~1994 年は 1971~1978 年のそれより変動が小さくなっていた。コメツガ、ダケカンバ、オガラバナは年々順位の変動が小さくなる傾向を示した。一方、ウダイカンバは 1971~1978 年に、シラベは 1986~1994 年に最も順位の変動が大きくなっていた。

次に、樹種別に全体の中での順位変動を図-5 に示す。コメツガは、1971 年に 1, 3, 4 位であった個体が 1994 年にはそれぞれ 7, 15, 24 位となり、30 位以上の 5 個体は徐々に順位を下げていくが、31~100 位の個体数は 1971 年の 3 本から 1994 年には 9 本となり、亜高木層でのコメツガの占める割合が増している。

コメツガの枯死木は 1971~1978 年に 2 本、1978~1986 年に 3 本、1986~1994 年には 8 本と増加していた。そこで各調査年におけるコメツガと全体の枯死率の間に有意な差があるかどうか χ^2 検定法により検定した。その結果、表-6 に示すようにコメツガの枯死率は 1971~1978 年と 1978~1986 年が 5% 水準で全体の枯死率より有意に小さく、1986~1994 年には有意差が認められなかった。一方、コメツガの進界木は、それぞれ 1971~1978 年に 8 本、1978~1986 年に 10 本、1986~1994 年に 11 本あり、ツツジ類を除く低木層でのコメツガの占める本数割合が増している。コメツガと全体の進界率の有意差を枯死率の場合と同じく χ^2 検定すると、1971~

1978年が $\chi^2=66.4$, 1978~1986年が $\chi^2=41.0$, 1986~1994年が $\chi^2=33.5$ で各調査年間ともに5%水準を満たさず、全体の進界率より有意に大きかった。これらのことからコメツガの枯死木と進界木が今後どのように推移し、コメツガが更新していくのか注目される。

シラベは、多くの個体が1971年から1994年にかけて徐々に順位を上げ、特に上位3個体は1971年に7, 13, 23位であったものが1994年にはそれぞれ1, 3, 2位となっている。

ダケカンバは、各調査年の100位以上の個体数が44, 43, 40, 39本と徐々に減少している。また、1994年に100位以上の個体39本のうち34本が1971年の時点で100位以内に入っており、1971年の時点で上位にあった個体ほどその後の生育が順調であることを示している。一方、101位以下の個体は1971年の44本から1994年には6本に減少し、下位の個体に枯死木が多く発生していることがわかる。

ウダイカンバは、1994年の時点で現存する5個体の1971年における順位がいずれも64位以上であった。それ以下の順位の個体は1994年までに枯死している。また順位が上位の個体であったものにも枯死したものがあり、1978年に順位が38, 45, 57, 63位の個体は1986年までに枯死していた。1978~1986年の同種と全体の枯死率を χ^2 検定すると1978~1986年で5%水準を満たさず(表-6)、全体の枯死率より有意に大きかった。

サビハナナカマドは、各調査年の100位以上の個体数が23, 17, 22, 23本で大きな増減は見られなかった。また、1994年に100位以上の個体23本のうち、1971年の時点で100位以上であった個体は12本で他の樹種に比べて少なかった。サビハナナカマドは1971年の順位が100位以上であっても、それ以降直径成長が停滞して順位を下げたものや枯死したものが多く見られた。

ミネカエデは、各調査年の100位以上の個体数が12, 8, 10, 8本と変動しているが、1994年に100位以上の個体8本のうち1971年の時点で100位以上であった個体は7本であり、サビハナナカマドを除く他の広葉樹類と同様に1971年の時点でより上位にあった個体ほどその後の生育もよいことを示している。

オガラバナは、個体番号488を除き次第に順位を下げていた。

考 察

本調査区はコメツガが優占する林分であったが、1956年の択伐施業と1959年の伊勢湾台風により直径10 cm以上の個体を全て失い、その跡地に更新した林分であった。また、風倒直後の前生樹の記録はないが、調査区周辺の22個体について行った樹幹解析の調査結果から、コメツガとシラベの中には台風以前に発生した前生稚樹が成長した個体が数本含まれていること、および1994年に高木・亜高木層にある広葉樹類のほとんどは1956年以降に発生したものであると推察された。

伊勢湾台風から35年経過した1994年に高木層で優占しているのはダケカンバで、針葉樹のうち高木層を構成するに至ったのはシラベの3本だけであった。ダケカンバの占める割合が大きくなった理由として、本調査区が約1 ha (図-1) のギャップ内に位置していることが挙げられる。ダケカンバは亜高山帯域の伐採跡、風倒跡、火災跡など大面積の林冠破壊が生じた場合に優占林分を作ること(前田・宮川, 1966; 中野, 1971; 肥後ら, 1987)が知られており、本調査区およびその周辺においても先駆性の強いダケカンバがいち早く成長し高木層を占有したものと考

えられる。一方、本調査区の近くに位置するコメツガ-シラベ林に生じた約 350 m² のギャップでは、コメツガとシラベの前生樹が数多く残されていたことと同時に、ギャップの周辺に攪乱を受けなかった林分があったためにダケカンバ等の先駆性樹種の生育が抑えられ、コメツガとシラベが速やかに更新できたものと推察された(沢田・梶, 1992)。亜高木層以上に出現する広葉樹 5 種は、風倒後 12 年経過した 1971 年以降は実生により更新した個体はみられなかった。ダケカンバなど陽樹的性格の強い広葉樹は、ギャップ発生直後に更新が集中すること(芝野・小沢・柴田, 1984; 加藤・松田, 1986) が知られている。北海道でブルトナーによる地かきを行った後に更新した 12 年生のダケカンバ林を調査した菊沢(1986) は、地かき後 7 年目まで更新木があったと報じている。また、調査区周辺のダケカンバを含む広葉樹類 7 本の樹幹解析の結果から、それらは伊勢湾台風以降 6 年目までに更新していたこと(沢田・梶, 1992) が明らかにされている。したがって、本調査区で広葉樹類が実生により更新した期間は 6 年程の幅があったと推察される。

また、1994 年に高木層にある個体はいずれも 1971 年の時点ですでに上位にあった個体であり、逆に同時点でサイズの小さいものほど 1994 年までに枯死するものが多かった。したがって、風倒後速やかに更新した個体ほどその後の生育が有利であると考えられた。

今回の調査結果から、現在亜高木層以下にあるコメツガとシラベはダケカンバ等に被圧されながらも一定の成長量を維持しており、今後はこれら 2 種が本数と胸高断面積でその割合を増大させるものと推定される。コメツガは、シラベやダケカンバに比べて耐陰性が高く(中村・小幡, 1982)、寿命も長いこと(住田, 1939; 神崎・沼田, 1981) が知られている。本調査区においても、現在のダケカンバを主体にシラベやウダイカンバが混じる林分から、シラベを主体にカンバ類とコメツガが混交する林分を経て、やがてはコメツガの優占する林分へと推移していくことが予想される。今後も定期的に追跡調査を行うことにより、本調査区がどの様に推移するかを検証したい。

謝 辞

調査区の設定および現地調査には元秩父演習林技官赤岩朋敏氏ならびに秩父演習林職員諸氏のご協力をいただいた。厚くお礼申し上げる。

要 旨

秩父山地の亜高山針葉樹林は 1959 年の 15 号台風(伊勢湾台風)によって風倒が発生し大きな攪乱を受けた。同地域における風害後の更新過程を解明する目的で、1971 年に標高 1,950 m の風倒跡地に設置した調査区(130 m²)において 1994 年までに 4 回の調査を実施した。

同調査区は、1956 年の択伐施業前にはコメツガを主体にシラベの混生する林分であった。1959 年の風倒によって同調査区内の直径 10 cm 以上の樹木はすべて倒れた。調査林分の林冠は、この 23 年間(1971-1994 年)、主にダケカンバによって占められている。

同林分における 23 年間の構成種の量的変化は以下のとおりであった。樹高 1.2 m 以上の樹木の調査区当たりの総本数は 1971 年が 345 本、1994 年が 337 本であった。枯死した樹木の総本数は調査区当たり 139 本で、そのうちダケカンバが 43 本でもっとも数が多かった。一方、進界木の総数は 40 本で、そのうちコメツガが 27 本でもっとも数が多かった。調査区全体の断面積合計は 11.0 m²/ha から 40.4 m²/ha に増大した。出現樹種数は 19 種から 17 種に減少した。

高木層を構成する樹木の1994年の平均直径および平均樹高は10.7 cmと10.9 mで、1971年のそれは4.3 cmと5.1 mであった。高木層(9 m \leq H)を構成する樹木の胸高直径と樹高の年平均成長量は、それぞれ0.27 cmと0.24 mで、亜高層(4 m \leq H<9 m)のそれは0.14 cmと0.20 mであった。

個体ごとの直径順位関係の推移から、1994年に高木層を占める個体はいずれも1971年にすでに上位にあった個体であり、逆に同時点で小さいサイズのものほど1994年までに枯死するものが多かった。したがって、風倒後すやかに更新した個体ほどその後の生育もよいと推定された。

調査林分における上記の推移傾向に加えて、コメツガはダケカンバ、シラベや他の落葉広葉樹に比べて寿命が長いことおよび高い耐陰性を有することから、現在調査区の林冠層を構成する樹種は長期間にわたる遷移過程のなかで徐々にコメツガに取って代わられるものと推定された。

キーワード：秩父山地、亜高山帯、風倒、更新過程

引用文献

- 秩父演習林：秩父演習林50年史，pp. 66，東京大学農学部附属秩父演習林，1966。
 林 敬太：大雪宮林署管内風倒跡地の植生推移，北方林業，27，154-156，1975。
 肥後睦輝・藤本征治・柴草良悦・五十嵐恒夫・船越三朗：昭和29年15号台風による風害跡落葉性広葉樹林の推移(I) 30年後までの結果の予備的解析，北大演報，44(1)，123-137，1987。
 神崎 護・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，183-217，環境庁，東京，1981。
 加藤美栄子・松田 彊：針広混交林の小面積風害跡地における更新様式，北大演報，43(3)，513-541，1986。
 菊沢喜八郎：ダケカンバ林の最多密度曲線，日林北支講，35，125-127，1986。
 前田禎三：群落生態からみた森林。「森林学」帝国森林会編，pp. 20-44，共立出版，東京，1977。
 ———・宮川 清：亜高山帯の更新に関する研究(IV) 伐採跡地における稚樹の更新，日林講，77，525-531，1966。
 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。
 中野 實：カンパ類の新しい天然更新技術—ダケカンバを主として—「新しい更新技術」，pp. 131-178，創文，東京，1971。
 奥村日出雄：大型機械によるかきおこし地の天然更新(II)—カンパ類の樹高生長と密度変化—，日林北支論，34，68-70，1985。
 沢田晴雄・梶 幹男：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—，東大演報，87，175-193，1992。
 芝野伸策・小沢慰寛・柴田 前：林分施業法に関する研究(III)—トドマツ主体の針広混交林における樹齡構成と生長増大開始時期—，日林北支論，33，20-22，1984。
 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びに更生状態，東大演報，26，33-79，1939。
 山中二男：日本の森林植生，pp. 219，築地書館，東京，1979。
 柳沢聰雄：トドマツ・エゾマツ・アカエゾマツの新しい天然更新技術，「新しい更新技術」pp. 1-78，創文，東京，1971。
 米田桂三・多賀保志・森 俊夫：統計学の応用と演習—実際例を中心として—，pp. 127-135，同文書院，東京，1981。

(1997年4月30日受付)

(1997年7月22日受理)

Summary

Subalpine coniferous forests in the Chichibu Mountains, Central Japan were severely damaged by typhoon 15. (Isewan-typhoon) in 1959. A research plot (130 m²) established in

1971 on the windfall site at an altitude of 1,950 m a.s.l. was investigated four times until 1994 in order to clarify the processes of regeneration after wind damage.

A stand in the plot was dominated by *Tsuga diversifolia* accompanied *Abies veitchii* before selection cutting in 1956. All the trees larger than 10 cm DBH in the plot were completely blown down by the strong wind in 1959. The canopy layer of the stand has mainly been occupied by *Betula ermanii* in the 23 years, 1971–1994.

Quantitative changes of component trees in the plot in these 23 years were as follows; Total number of stems (height > 1.2 m) were 345 in 1971 and 337 in 1994. Total number of dead trees was 139 stems, among which *B. ermanii* (43 stems/plot) was the most abundant. On the other hand, the total number of recruited trees were 40 stems/plot, among which *T. diversifolia* (27 stems/plot) was the most abundant. Total basal area increased from 11.0 m²/ha to 40.4 m²/ha. The total number of tree species decreased from 19 to 17. The average diameter and height of the trees composing the canopy layer in 1994 were 10.7 cm and 10.9 m and in 1971 they were 4.3 cm and 5.1 m, respectively. The mean annual growth of diameter and height of trees in the canopy layer ($9 \text{ m} \leq H$) are 0.27 cm/yr and 0.24 m/yr, and those in the subtree layer ($4 \text{ m} \leq H < 9 \text{ m}$) are 0.14 cm/yr and 0.20 m/yr, respectively.

From the analysis of the DBH-rank of every stem in the plot, trees occupying the canopy layer in 1994 had already been in the larger size classes of DBH in 1971. On the other hand, most of the trees which died before 1994 had been in the smaller size classes of DBH in 1971. These facts suggest that trees regenerated earlier have the advantage to grow faster than those regenerated later.

In addition to these trends of succession in the stand, *B. ermanii*, *A. veitchii* and other deciduous broad-leaved trees composing the canopy layer in the plot at present are gradually being replaced by *T. diversifolia* in the long course of succession, because the latter, characterized by its longer life span and higher shade tolerance, has an advantage over the former.

Key words: Chichibu Mountains, Subalpine forest zone, Windfall, Regeneration processes

An Institutional Evaluation Study on Prefectural Natural Parks in Japan

Zentaro HASHIMOTO

The objectives of the thesis are, first, to analyze the effect of nature conservation in terms of institutional framework in the land and the position of prefectural natural parks among them. Secondly, the position of prefectural natural parks is to be clarified in context of the history of development of the natural park system. Thirdly, the current conditions and problems of prefectural natural parks are to be identified. Main focus will be on differences between ordinances, size of areas, land ownership, plans, etc., comparing with national parks and quasi-national parks.

Regeneration Process of the Stand on Windfall Site in the Subalpine Forest Zone of the Chichibu Mountains

HARUO SAWADA, MIKIO KAJI, YUJI IGARASHI and KAZUYA OHMURA

Subalpine coniferous forests in the Chichibu Mountains, Central Japan were severely damaged by typhoon 15. (Isewan-typhoon) in 1959. A research plot (130 m²) established in 1971 on the windfall site at an altitude of 1,950 m a.s.l. was investigated four times until 1994 in order to clarify the processes of regeneration after wind damage. The practical trend of succession in the stand, *Betula ermanii*, *Abies veitchii* and other deciduous broad-leaved trees composing the canopy layer in the plot at present are gradually being replaced by *Tsuga diversifolia* in the long course of succession, because the latter, characterized by its longer life span and higher shade tolerance, has an advantage over the former.