

秩父山地天然林の更新に関する基礎的研究 I*
——イヌブナ (*Fagus japonica* MAXIM.) 天然林における
堅果落下量と実生の消長——

梶 幹男**・沢田晴雄**・佐々木潔州**
大村和也***・大久保達弘****

Study on the Regeneration Dynamics of the Natural Forests in
the Chichibu Mountains, Central Japan, I

—Amounts of fallen nuts and survival of seedlings of Japanese beech
(*Fagus japonica* MAXIM.) in Japanese beech forests—

Mikio KAJI**, Haruo SAWADA**, Kiyokuni SASAKI**,
Kazuya OHMURA*** and Tatsuhiro OHKUBO****

I. はじめに

わが国にはブナ属植物は、ブナ (*Fagus crenata* BLUME) とイヌブナ (*Fagus japonica* MAXIM.) の2種が分布する。ブナは九州・四国・本州・北海道(黒松内低地帯以南)に分布し、温帯林における夏緑樹林帯において優占林を形成している。イヌブナは、九州・四国・本州に分布するが、中国地方の一部を除いて日本海側には出現せず、太平洋側に偏って分布し、モミ・ツガ・ブナ・ミズナラなどとともに温帯林の主要な構成種となっている。

イヌブナ天然林の更新について、遠山(1965)とOHKUBO *et al.* (1988) はそれぞれ富士山大室山と秩父山地において、萌芽状の幹を観察してこれを天然更新の一型であるとみなした。

ブナ天然林の更新に関しては、開花、結実、種子の飛散、実生稚樹の消長および消失・枯死原因、上木の伐採方法と更新、地床処理と更新、二次林の生長と保育、ギャップ更新、リター落下量(檜村ら, 1953; 前田・宮川, 1971; 前田, 1988; 橋詰・山本, 1975; 橋詰ら, 1984; 斉藤, 1981; 片岡, 1982; 保坂・高野, 1983; 箕口・丸山, 1984; NAKASHIZUKA, 1984; 斉藤ら, 1984; 紙谷, 1986; 河田・丸山, 1986) などさまざまな分野にわたって調べられているが、イヌブナ天然林の更新に関しては、大久保ら(1989)が秩父山地において堅果落下量と実生の消長について報告を行っているほかそれに関する報告例は少ない。

本研究は、イヌブナの実生による更新機構を明らかにするために、その基礎となる堅果と殻手の落下数、実生の消長について種々の観点から検討することを目的とした。秩父山地における

* 本研究の一部は、文部省科学研究費補助金、一般研究(C) 63560145 (昭和63~平成2年度) による。

** 東京大学農学部附属秩父演習林
University Forest in Chichibu, Faculty of Agriculture, The University of Tokyo.

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

**** 宇都宮大学農学部森林科学科
Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, Utsunomiya University.

1988~'90年の3年間のイヌブナおよびブナの堅果落下数、実生の消長および消失・枯死原因、雨水害によって生じたギャップが実生の生残に及ぼす影響、リター落下量および堅果落下量と落葉量との関係について数量的に検討したので報告する。

調査にご協力いただいた東京大学秩父演習林の職員、林内照度の測定にご協力いただいた東京大学演習林研究部の蒲谷 肇教官、ガ類幼虫の同定をお願いした森林総合研究所東北支所の鎌田直人技官にお礼申し上げます。また、本論文作成に当たりご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ます。

II. 調 査 地

調査地は、埼玉県秩父郡大滝村の荒川上流部に位置する東京大学農学部附属秩父演習林のほぼ閉鎖したイヌブナ天然林内とした。

この地域の気候は、調査林分から約6 km 下流の栃本(35°56' N, 138°51' E, 標高770 m)での1956~1985年の観測によれば、年平均気温11.5°C, 年降水量1,444 mm, また、この観測記録に

表-1 イヌブナ林調査区(Fj-1)の樹種構成

Table 1. Species composition in the sample plot (Fj-1) set in Japanese beech (*Fagus japonica*) forests

Spp.	N_{stl}	N_{st}	N_{st}/ha	R_{nst} (%)	D_{max} (cm)	H_{max} (m)	BA (cm^2)	BA (m^2/ha)	RD ($BA\%$)
<i>Fagus japonica</i>	39	554	2216.0	75.5	55.1	19.0	63929.2	25.572	76.2
<i>F. crenata</i>	9	9	36.0	1.2	74.2	22.0	16386.9	6.555	19.5
<i>Acer japonicum</i>	41	67	268.0	9.1	16.1	11.0	1650.9	0.660	2.0
<i>A. sieboldianum</i>	40	44	176.0	6.0	18.0	12.0	770.6	0.308	0.9
<i>A. tenuifolium</i>	18	26	104.0	3.5	30.6	14.0	594.0	0.238	0.7
<i>Ilex macropoda</i>	1	6	24.0	0.8	18.5	8.0	289.4	0.116	0.3
<i>Stewartia pseudocamellia</i>	2	2	8.0	0.3	9.7	10.0	74.1	0.030	+
<i>Acer micranthum</i>	2	2	8.0	0.3	6.4	6.0	41.2	0.016	+
<i>Abies homolepis</i>	3	3	12.0	0.4	6.4	4.0	39.1	0.016	+
<i>Clethra barbinervis</i>	3	3	12.0	0.4	4.2	5.0	30.8	0.012	+
<i>Tsuga sieboldii</i>	3	3	12.0	0.4	3.4	2.0	13.6	0.005	+
<i>Acer palmatum</i>	2	2	8.0	0.3	2.5	2.5	12.7	0.005	+
<i>Schizophragma hydrangeoides</i>	1	1	4.0	0.1	3.8	13.0	6.4	0.003	+
<i>Acanthopanax sciadophylloides</i>	1	1	4.0	0.1	2.8	3.0	6.2	0.002	+
<i>Enkianthus cernuus</i> f. <i>rubens</i>	1	2	8.0	0.3	2.2	2.5	4.6	0.002	+
<i>Acer distylum</i>	1	5	20.0	0.7	19.7	12.0	1.0	0.000	+
<i>Callicarpa japonica</i>	2	2	8.0	0.3	1.0	2.0	0.4	0.000	+
<i>Fraxinus languinosa</i>	1	2	8.0	0.3	8.5	4.0	0.3	0.000	+
Total	170	734	2936.0	100.0	74.2	22.0	83851.4	33.541	100.0

N. B. Number of stools (N_{stl}) per 0.25 ha, number of stems (N_{st}) per 0.25 ha and 1.0 ha and, its relative value ($R_{nst}\%$), maximum diameter (D_{max}), maximum height (H_{max}), basal area (BA) per 0.25 ha and 1.0 ha and relative dominance (RD) of stems with diameter larger than 1.0 cm are given to each species.

基づく日本海指数(温雨図において1月と8月を結ぶ直線から横軸に至る時計廻り角度(鈴木・鈴木1971)は約 50° であった(大久保ら, 1989)。つまり, この調査地域は冬季乾燥の典型的な太平洋気候の区域に属する。

1. 調査区

1.1 Fj-1

標高1,160 mの凹凸のない均一な斜面(方位 $N84^\circ E$, 傾斜 28.6°)の中部にあるイヌブナ天然林内に $50\text{ m} \times 50\text{ m}$ の方形区(以下「Fj-1」と呼ぶ)を設けた。土壤は石礫の混じらない土層の厚い $B_0(d)$ 型である。方形区内はイヌブナ(胸高断面積合計 $25.57\text{ m}^2/\text{ha}$, 相対優占度76.2%, 立木本数2216.0本/ha)が優占し, ほかにブナ(胸高断面積合計 $6.56\text{ m}^2/\text{ha}$, 相対優占度19.5%, 立木本数36.0本/ha)が林冠層を構成している。下層にはハウチワカエデ, コハウチワカエデ, ヒナウチワカエデ, コミネカエデ, イロハカエデ, ヒトツバカエデなどのカエデ類が多く, 出現樹木総数は18種である(表-1)。林床は, スズタケを欠き, クロモジやカエデ類の稚樹が高い頻度で出現するが, 被度は低い。被度ではコアジサイ, ツルアジサイ, ツタウルシなどの低木および木本性つる植物に加えてオクモミジハグマが比較的高い値を占める, いわゆる低木型の林床である(大久保ら, 1989)。

1.2 Fj-2

滝川右岸の原生林保存区の標高880 mの均一な斜面(方位 $N55^\circ W$, 傾斜 32°)の中部にあるイヌブナ天然林内に $30\text{ m} \times 30\text{ m}$ の方形区(以下「Fj-2」と呼ぶ)を設けた。土壤は石礫を多く含む $B_0(d)$ 型である。方形区内はイヌブナ(胸高断面積合計 $31.69\text{ m}^2/\text{ha}$, 相対優占度87.2%, 立木本数1800本/ha)が優占し, 亜高木層にはイタヤカエデ, サワシバ, アラゲアオダモ, アワブキ, ナツツバキ, ハクウンボクなどの樹種が出現する。低木層はヒナウチワカエデ, クロモジおよびムラサキシキブの本数密度が高い(表-2)。林床は斜面下部の一部にスズタケが出現するが, 全体的にはコカンスゲが高い出現頻度および被度を示す, いわゆるコカンスゲ型の林床である。

III. 調査方法

1. トラップによる調査

イヌブナ優占林分の二つの調査区(Fj-1, Fj-2)におけるブナ類堅果と殻斗の飛散状況を把握するために, 1988年に上記の方形区を $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ の小区画に25等分(Fj-1)および9等分(Fj-2)し, Fj-1ではそれぞれの小区画の中心に1個, また任意の地点に5個のトラップ計30個を, Fj-2ではそれぞれの小区画内に2個ずつ計18個のトラップを設置した。

トラップはナイロン製 0.75 mm メッシュの網を漏斗状に成形したもので, 口の広さが 0.5 m^2 になっており, 3本の塩ビパイプ製支柱で地上70 cmの高さに固定した。したがって, トラップの口の広さの合計(Fj-1: 15 m^2 , Fj-2: 9 m^2)は方形区面積(Fj-1: $2,500\text{ m}^2$, Fj-2: 900 m^2)のそれぞれ0.5% および1%に相当する。また, これらのトラップによりリター量を把握した。

これらのトラップは, 1988年には両調査区ともに9月13日設置, 9月28日, 10月5日, 10月26日, 11月9日, 11月24日および12月19日にそれぞれ6回内容物の回収, 1989年には7月19日(Fj-1)および7月20日(Fj-2)設置, 8月31日, 9月21日, 10月23日, 11月6日, 11月20日(以上両調査区とも共通)および12月22日(Fj-1)と12月25日(Fj-2)にそれぞれ

表-2 イヌブナ林調査区 (Fj-2) の樹種構成

Table 2. Species composition in the sample plot (Fj-2) set in Japanese beech (*Fagus japonica*) forests

Spp.	M_{stl}	N_{st}	N_{st}/ha	R_{nst} (%)	D_{max} (cm)	H_{max} (m)	BA (cm^2)	BA (m^2/ha)	RD ($BA\%$)
<i>Fagus japonica</i>	9	162	1800.0	43.20	61.6	24.0	28517.7	31.686	87.2
<i>Acer tenuifolium</i>	34	42	466.7	11.20	37.1	17.0	1431.5	1.591	4.4
<i>A. mono</i>	1	1	11.1	0.27	38.3	16.0	1148.5	1.276	3.5
<i>Carpinus cordata</i>	3	3	33.3	0.80	18.9	12.0	451.0	0.501	1.4
<i>Fraxinus lanuginosa</i>	3	4	44.4	1.07	19.3	15.0	313.7	0.349	1.0
<i>Meliosma myriantha</i>	11	16	177.8	4.27	8.9	6.0	183.1	0.204	0.6
<i>Stewartia pseudocamellia</i>	2	7	77.8	1.87	13.0	6.0	173.1	0.192	0.5
<i>Styrax obassia</i>	6	6	66.7	1.60	11.6	10.0	115.5	0.128	0.4
<i>Lindera umbellata</i>	35	47	522.2	12.53	6.8	4.0	107.3	0.119	0.3
<i>Callicarpa japonica</i>	19	39	433.3	10.40	3.2	3.0	86.7	0.096	0.3
<i>Schizophragma hydrangeoides</i>	1	1	11.1	0.27	8.1	15.0	51.5	0.057	0.2
<i>Acer nikoense</i>	1	2	22.2	0.53	7.8	5.0	47.8	0.053	0.2
<i>A. palmatum</i> var. <i>amoenum</i>	4	4	44.4	1.07	4.2	4.0	30.5	0.034	0.1
<i>Abies homolepis</i>	1	1	11.1	0.27	5.1	3.0	20.0	0.022	0.1
<i>Pterocarya rhoifolia</i>	15	16	177.8	4.27	1.3	2.0	11.4	0.013	+
<i>Meliosma tenuis</i>	5	9	100.0	2.40	1.5	2.5	9.3	0.010	+
<i>Lindera sericea</i> var. <i>glabrata</i>	3	4	44.4	1.07	2.2	3.0	7.8	0.009	+
<i>Cladrastis sikokiana</i>	1	1	11.1	0.27	2.4	3.0	4.5	0.005	+
<i>Viburnum erosum</i> f. <i>punctatum</i>	2	4	44.4	1.07	1.7	2.5	3.4	0.004	+
<i>Pterostyrax hispida</i>	1	1	11.1	0.27	1.6	1.8	2.0	0.002	+
<i>Fraxinus lanuginosa</i>	3	3	33.3	0.80	0.8	2.0	1.1	0.001	+
<i>Alangium plataniifolium</i>	1	1	11.1	0.27	1.0	1.7	0.7	0.001	+
<i>Fraxinus spaethiana</i>	1	1	11.1	0.27	0.8	1.7	0.5	0.001	+
Total	162	375	4166.7	100.00	61.6	24.0	32718.5	36.35	100.0

N. B. Number of stools (N_{stl}) per 0.09 ha, number of stems (N_{st}) per 0.09 ha and 1.0 ha and, its relative value ($R_{nst}\%$), maximum diameter (D_{max}), maximum height (H_{max}), basal area (BA) per 0.09 ha and 1.0 ha and relative dominance (RD) of stems with diameter larger than 1.0 cm are given to each species.

6回内容物を回収, そして, 1990年には7月27日 (Fj-1) および7月31日 (Fj-2) に設置, 8月29日 (Fj-1), 8月31日 (Fj-2), 10月11日 (Fj-1), 10月12日 (Fj-2), 11月3日 (Fj-1), 11月7日 (Fj-2), 12月5日 (Fj-2), 12月15日 (Fj-1) にそれぞれ4回内容物の回収を行った。

毎回, トラップによって集められた各樹種の種子, 果実, 殻斗などの数を記録した。特にイヌブナとブナについては, 橋詰ら (1984) の調査法にしたがってすべての堅果をカッターナイフで切開して, 健全 (sound, 胚が十分に発育して白色を呈しているもの), 発育不全 (aborted, 胚の発育が不十分で変色して枯死したもの), しいな (empty husk, 内部が空洞で未発達胚珠が見られるもの), 虫害 (damaged by insects, 内部に幼虫の糞あるいは侵入・脱出口が見られるもの) および鳥獣害 (damaged by mammals and birds, ネズミ, リスなどの小動物や鳥によって食害されているもの) に分類した後にそれぞれの数を数えた。そのほかの樹種の種子などは総数

のみを記録した。

イヌブナとブナの堅果の分別は、その底部の殻斗との接点の形によって行った。すなわち前者は円形であるが、後者は三角形である(大久保ら, 1989)。また、色は前者が褐色、後者が淡褐色、形状は前者の方が小さく丸みをおびる。

リター量の測定は、回収したリターを2日間80°Cで乾燥させた後、①イヌブナ、ブナの堅果、カエデなどの果実、②枝、③葉(樹種の区別はしなかった)④そのほか(幼虫の糞、蘚苔・地衣類)に分類して、それぞれの乾重を測定した。

2. 実生の消長に関する調査

両調査区における堅果最多落下年(1988年)の翌年に発生したイヌブナ実生について、個体数の追跡調査を行った。

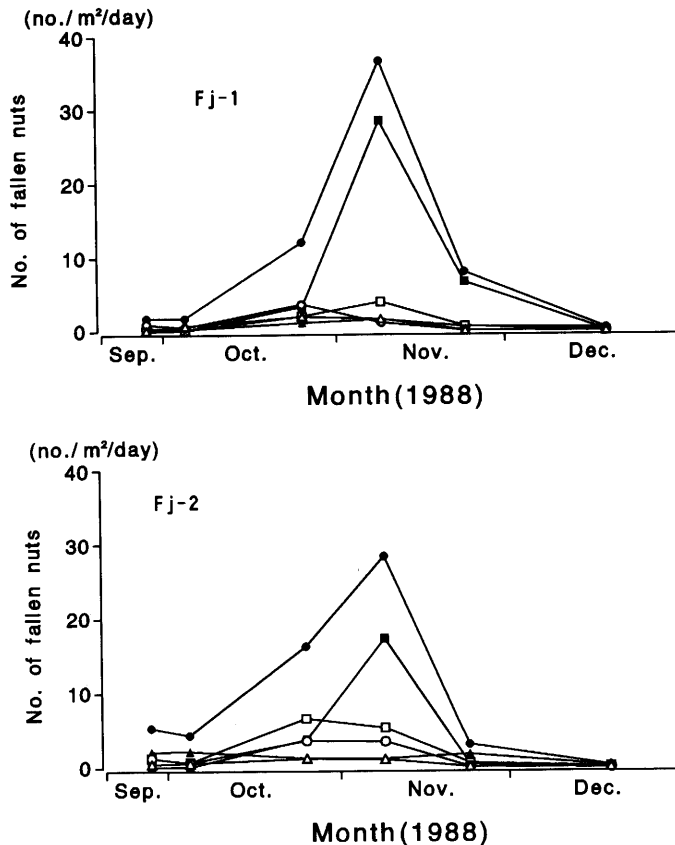


図-1 イヌブナ堅果落下数の季節的推移

Fig. 1. Seasonal fluctuation of the density of fallen nuts (No. /m²/day) of Japanese beech (*Fagus japonica*) in the two sample plots (Fj-1 and Fj-2) of Japanese beech forests in 1988.

N. B. Classification of fallen nuts; ●: total, ■: sound, □: aborted, ○: empty husk, △: damaged by insects, ▲: damaged by mammals and birds.

表-3 2ヶ所のイヌブナ優占林分におけるイヌブナ堅果および殻斗落下数(個/m²)Table 3. Density of fallen nuts and cupules (No. /m²) of Japanese beech (*Fagus japonica*) in the two sample plots (Fj-1 and Fj-2) of Japanese beech forests in the years 1988-1990

	Fj-1		Fj-2	
	Nut	Cupule	Nut	Cupule
1988 ¹⁾	943.93±144.00 ⁴⁾	392.53±47.64	907.11±150.26	383.78±67.62
1989 ²⁾	0.20±0.21	1.53±0.80	0.22±0.29	0.89±0.70
1990 ³⁾	20.17±17.92	10.77±9.08	61.00±26.63	31.55±12.16

N. B. Calculation of fallen nuts were made using the data of 30 (Fj-1) and 18 (Fj-2) seed traps, except the period of Nov. 3-Dec. 15, 1990 (eight seed traps in Fj-1).

1) Sep. 13-Dec. 19, 1988 (Fj-1 and Fj-2).

2) Jul. 19-Dec. 22, 1989 (Fj-1) and Jul. 20-Dec. 25 (Fj-2).

3) Jul. 27-Dec. 15, 1990 (Fj-1) and Jul. 31-Dec. 5, 1990 (Fj-2).

4) Means at confidence coefficient of 95%.

Fj-1 では、1989年5月9日に方形区内の斜面の上下方向に2m×30mのベルトを4本設置して、さらにそれぞれのベルトを1m×1mの小区画60個に細分し、各小区画内に発生した実生の個体数、実生の形状(苗高および地際直径)および枯死個体の状態を記録した。同じ調査を同年6月7日、28日、8月2日、11月2日ならびに翌年の6月4日、7月27日、10月29日に行った。

Fj-2 では、1989年5月9日に方形区内の斜面上下方向に1m×30mおよび2m×30mのベルトをそれぞれ2本設置して、各ベルトを1m×1mの小区画に細分して、Fj-1と同じ方法で実生の消長について1989年5月9日、6月12日、7月20日および8月31日の計4回調査を行った。

IV. 結果および考察

1. イヌブナおよびブナ堅果と殻斗の落下数

1.1 堅果の落下数

両調査区の1988年の堅果落下数(密度)は表-3に示すように、イヌブナで943.93±144.00個/m²(Fj-1)と907.11±150.26個/m²(Fj-2)(信頼度95%で区間推定を行った。以下のデータも明記していないものは同じ計算による)となり、両調査区ともに3年間で最多を記録した。1989年は0.20±0.21個/m²(Fj-1)、0.22±0.29個/m²(Fj-2)で不作であった。1990年は20.17±17.92個/m²(Fj-1)、61.00±26.63個/m²(Fj-2)で両調査区ともに前年より落下数は増加したが、1988年のそれを100とした比数で見ると2.1(Fj-1)および6.7(Fj-2)の低い値であった。

1988年の堅果落下数は両調査区ともに10月初旬から11月初旬にかけて急激に増加して、10月下旬から11月初旬のピーク(36.7個/m²/day(Fj-1)、28.4個/m²/day(Fj-2))を境にそれ以降急激に減少する傾向を示した(図-1)。1990年は落下数のピークは両調査区ともに1988年と異なり、7月下旬から8月下旬にピーク(0.43/m²/day(Fj-1)、0.96/m²/day(Fj-2))が現れ、それ以降減少する傾向を示した。

一方、ブナは1989年に3年間の最多堅果落下数(Fj-1: 31.60±13.83個/m²、Fj-2: 32.22±

表-4 2ヶ所のイヌブナ優占林分におけるブナ堅果および殻斗落下数 (個/m²)

Table 4. Density of fallen nuts and cupules (No. /m²) of Siebold's beech (*Fagus crenata*) in the two sample plots (Fj-1 and Fj-2) of Japanese beech forests in the years 1988-1990

	Fj-1		Fj-2	
	Nut	Cupule	Nut	Cupule
1988	6.13±4.20	2.80±2.47	0.33±0.46	0.11±0.21
1989	31.60±13.83	15.93±7.11	36.22±26.17	14.33±11.87
1990	0.47±0.66	0.40±0.39	1.33±2.13	0.33±0.46

N. B. Number of seed traps and period of their setting are the same with those in Table 3.

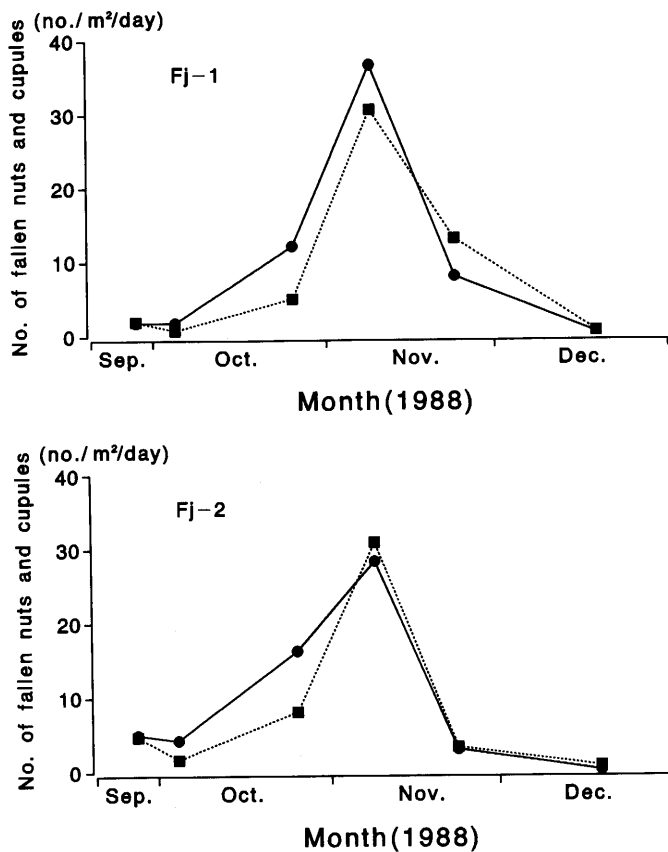


図-2 イヌブナ堅果および殻斗落下数の季節的推移

Fig. 2. Seasonal fluctuation of the daily amounts of fallen nuts and cupules (No. /m²/day) of Japanese beech (*Fagus japonica*) in the two sample plots (Fj-1 and Fj-2) in 1988.

N. B. ●: Nuts, ■: Number of cupules×2.

26.17 個/m²) を記録した (表-3)。最多堅果落下年はイヌブナと異なっていた。また, 1989 年 Fj-1 における落下数は同調査区において 1986 年に記録された最多堅果落下数 (92.80 ± 73.14 個/m²) (大久保ら, 1989) の約 1/3 であった。

1.2 殻斗の落下数

両調査区における 1988 年のイヌブナ殻斗の落下数 (密度) はそれぞれ 392.53 ± 47.64 個/m² (Fj-1) と 383.78 ± 67.62 個/m² (Fj-2) であった (表-4)。イヌブナは 1 個の殻斗に 2 個の堅果を結ぶので, 殻斗数を 2 倍した値が堅果数と対応する。したがって, トラップで採取された堅果落下数と同じく殻斗落下数を 2 倍した値とはほぼ一致するはずである (箕口・丸山, 1984)。そこで, 殻斗落下数を 2 倍すると 785.1 個/m² (Fj-1) と 767.6 個/m² (Fj-2) となり, 両調査区とも堅果落下数に及ばない。すなわち両者の差の 1/2 に当たる 79.4 個/m² (Fj-1) および 69.8 個/m²

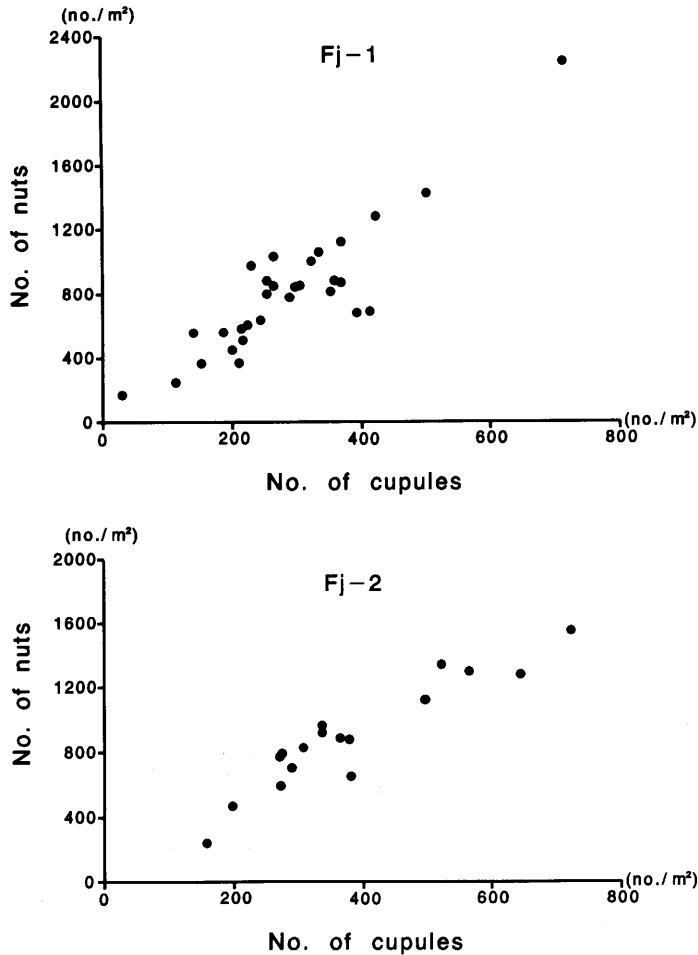


図-3 トラップごとのイヌブナ堅果および殻斗落下数の関係

Fig. 3. Relationships between the number of fallen nuts and cupules per trap of Japanese beech (*Fagus japonica*) in the two sample plots (Fj-1 and Fj-2) in 1988.

(Fj-2) の殻斗落下数が不足分となる。これは殻斗の一部が枝に付着したまま落下しないで樹上に残存するためである (大久保ら, 1989)。両者の時期別落下数の推移を比較すると (図-2), Fj-1 では両者はほぼ相似形を示すが, 10 月初旬から 11 月初旬のピーク時までの間は堅果落下数が殻斗落下数 (2 倍) を上回り, その後は逆に殻斗落下数 (2 倍) の方が多くなる傾向が認められる。Fj-2 においても両者はほぼ同様の傾向を示すが, ピーク時に殻斗落下数 (2 倍) が堅果落下数を上回る点が Fj-1 とは異なっている。

ブナの殻斗は最多堅果落下数を記録した 1989 年にもっとも落下数 (14.33 ± 11.87 個/m²) が多かった (表-4)。

1.3 堅果落下数と殻斗落下数の関係

両調査区における 1988 年のトラップごとのイヌブナ殻斗と堅果落下数の関係 (図-3) を示すと, 両者の間には以下の直線関係が認められる。

$$N = 2.694 C - 226.920 \quad (r = 0.891) \cdots \cdots (Fj-1)$$

$$N = 2.079 C + 109.148 \quad (r = 0.935) \cdots \cdots (Fj-2)$$

但し, N は堅果落下数, C は殻斗落下数。

昆虫に食害された堅果は殻斗に付着したまま落下するが多いが, 健全堅果やそのほかの堅果は通常殻斗から離れて落下する。したがって, 両者の間に直線関係がみられることは堅果落下数とほぼ見合った比率の殻斗が同じトラップに落下することを示している。

2. 堅果の内容別割合

1988 年から 1990 年の 3 年間に両調査区のトラップによって採取されたイヌブナ堅果の内訳を健全堅果, 発育不全, しいな, 虫害, 鳥獣害の 5 つに分類して表-5 に示した。1988 年は堅果総落下数に対するそれぞれの割合は健全堅果が 60.8% (Fj-1), 36.4% (Fj-2) でもっとも高く, ついで発育不全が 12.0% (Fj-1), 27.6% (Fj-2), しいなが 11.9% (Fj-1), 16.6% (Fj-2), 虫害が 7.7% (Fj-1), 5.9% (Fj-2) と鳥獣害が 7.7% (Fj-1), 13.5% (Fj-2) であった。上記の結果から, 両調査区の堅果内容は異なり, 健全堅果の割合は Fj-1 で高く, 逆に発育不全, しいなおよび鳥獣害の割合が Fj-2 で高いことがわかる。つぎに 1990 年の堅果内容についてみると, 健全堅果の割合は両調査区ともに 1% 以下の値に過ぎず, 虫害の割合が 40~50% の高率を占める。以上の結果から,

表-5 2ヶ所のイヌブナ優占林分におけるイヌブナ落下堅果の内容別割合 (%)

Table 5. Classification of fallen nuts (%) of Japanese beech (*Fagus japonica*) in the two sample plots (Fj-1 and Fj-2) in the years 1988-1990

	Fj-1			Fj-2		
	1988	1989	1990	1988	1989	1990
Sound (%)	60.8	0.0	0.4	36.4	50.0	0.6
Aborted (%)	12.0	0.0	12.5	27.6	0.0	20.8
Empty husk (%)	11.9	33.3	26.8	16.6	0.0	20.4
Damaged by insects* (%)	7.7	0.0	50.2	5.9	0.0	40.4
Damaged by mammals and birds (%)	7.7	66.7	10.3	13.5	50.0	17.9

N. B. Asterisked: Damaged mainly by *Pseudopammene fagivora*.

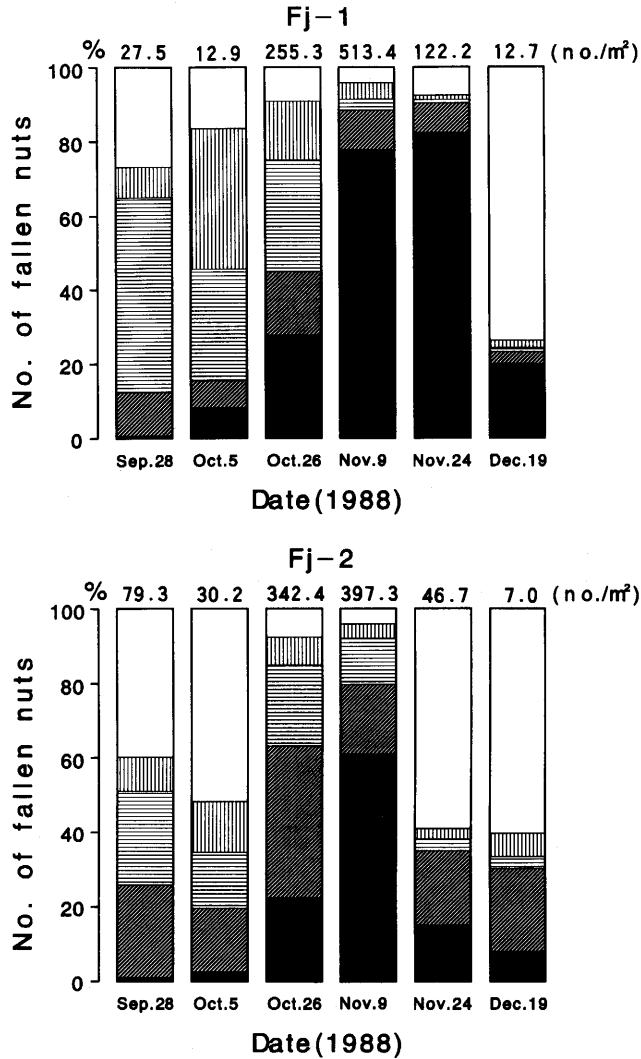


図-4 イヌブナ落下堅果の内容別割合の季節的变化

Fig. 4. Seasonal fluctuation of the fallen nut (%) of Japanese beech (*Fagus japonica*) in the two sample plots (Fj-1 and Fj-2) in 1988.

N. B. Classification of fallen nuts; ■: sound, ▨: aborted, ▤: empty husk, ▥: damaged by insects, □: damaged by mammals and birds.

健全堅果の割合は調査区によって異なるが、豊作年には高率で、不作年にはきわめて低い値であることがわかる。

両調査区における堅果内訳の時期別変化をみると(図-4)、Fj-1では健全堅果の割合は9月中旬から10月下旬の間は30%以下であるが、10月下旬から11月下旬の間は75~80%の高率を占める。Fj-2では10月下旬から11月初旬にかけてもっとも健全堅果の割合が高く(61.1%)、それを境に前後で減少する傾向を示した。発育不全堅果は、Fj-1では時期による変化は不明瞭であ

り、9月初旬から11月下旬までの間は10%前後の割合を占める。Fj-2では10月初旬から下旬に発育不全堅果の割合がもっとも高く、それ以外は20%前後の値であった。しいなは、Fj-1では8月下旬から10月下旬にかけては30~50%の高い比率を占めるが、それ以降は低率である。Fj-2では8月下旬から11月初旬にかけては12~25%の間を変動するが、それ以降は低率となる。虫害は、Fj-1では9月下旬から10月初旬にかけてもっとも高い比率を示した。Fj-2では8月下旬から10月下旬にかけて10%前後の値であるが、それ以降は低率であった。鳥獣害堅果は、Fj-1では10月下旬から11月初旬にかけてもっとも比率が低く、それを境に前後で比率が増加する傾向が認められる。Fj-2では10月初旬から11月初旬にかけて低率であるが、それを境に前後で比率が増加する傾向が認められる。

なお、虫害のほとんどは堅果内に見いだされた幼虫の形態および脱出孔の形状など(五十嵐, 1991)からブナヒメシンクイ(*Pseudopammene fagivora*) (井上ら, 1982)によるものであると推定された。また、鳥獣害は果皮に残る食痕からカケス、ネズミ類およびリスによるものと推定された。

ブナ堅果の内容別割合をみると(表-6)、健全堅果の落下が認められたのは1988年(Fj-1)の4.1%(0.25個/m²)だけであった。3年間をとおして両調査区ともに虫害の割合が69~100%の

表-6 2ヶ所のイヌブナ優占林分におけるブナ落下堅果の内容別割合(%)

Table 6. Classification of fallen nuts (%) of Siebold's beech (*Fagus crenata*) in the two sample plots (Fj-1 and Fj-2) in the years 1988-1990

	Fj-1			Fj-2		
	1988	1989	1990	1988	1989	1990
Sound (%)	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Aborted (%)	4.1	7.0	0.0	0.0	3.3	8.3
Empty husk (%)	0.0	13.0	0.0	0.0	3.3	8.3
Damaged by insects* (%)	91.8	96.5	100.0	100.0	68.9	83.4
Damaged by mammals and birds (%)	0.0	9.5	0.0	0.0	24.5	0.0

N. B. Asterisked: Damaged mainly by *Pseudopammene fagivora*.

表-7 イヌブナ優占林分(Fj-1)におけるイヌブナ堅果と殻斗落下数(個/m²)の7年間の推移

Table 7. Fluctuation of the density of fallen nuts and cupules (No. /m²) of Japanese beech (*Fagus japonica*) in the sample plot Fj-1 during the seven years 1984-1990

	Nut	Cupule
1984	310.00±99.6	120.08±37.59
1985	0.08±0.16	0.72±0.59
1986	7.52±2.14	2.24±1.09
1987	(lean year)	—
1988	943.93±144.00	392.53±47.64
1989	0.20±0.21	1.53±0.80
1990	20.17±17.92	10.77±9.08

N. B. The data in 1984-1986 were cited from OHKUBO *et al.* (1989).

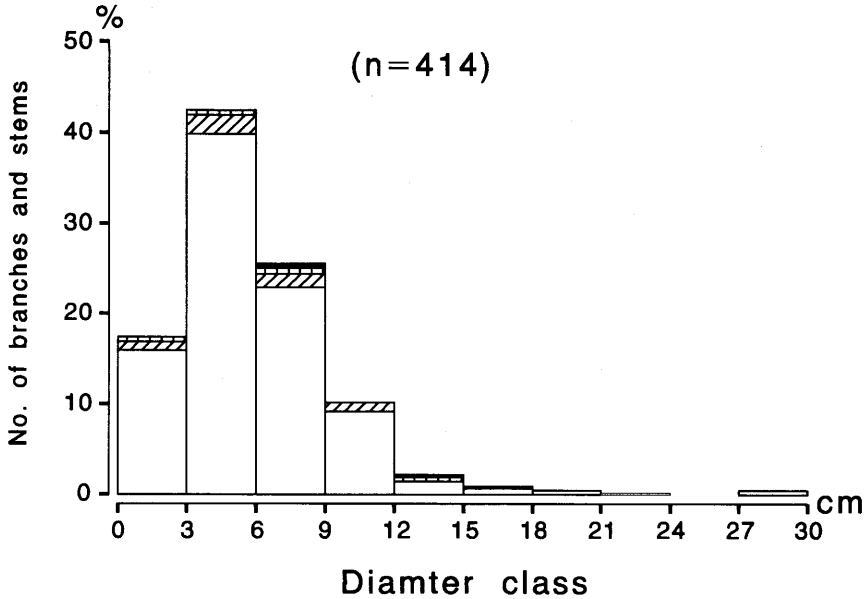


図-5 雨水害によって折損した枝と幹の直径階分布

Fig. 5. Diameter class distribution of the fallen branches and stems by glaze damage in the plot Fj-1 in 1989.

N. B. □: *Fagus japonica*, ▨: *F. crenata*, ▤: *Acer* spp., ■: *Cornus controversa*.

高率を占めていた。そのほとんどはイヌブナの場合と同様にブナヒメシンクイの幼虫による食害と推定された。

3. 堅果落下数の年変動

筆者らは Fj-1 において、1984~1990 年の 7 年間で 1987 年を除く 6 年間にわたってイヌブナを中心とした種子落下数についての調査を実施してきた。そのうち、1984~1986 年のイヌブナおよびブナの堅果および殻斗落下数については、すでに報告した(大久保ら, 1989)。なお、トラップによる調査を行わなかった 1987 年については、枝上の果柄痕の出現頻度によって豊作年か否かの判定を行った。その結果、同年は不作であったと判定された(梶, 未発表)。ここで、1984 年から 7 年間の堅果落下状況の推移をみると(表-7)、イヌブナ堅果落下数は過去 7 年間で 1988 年がもっとも多いことがわかる。また、同年の堅果落下密度は、日本海側ブナ林におけるブナの落下堅果密度に関する既往の値(檜村ら, 1953; 箕口・丸山, 1984; 保坂・高野, 1972; 紙谷, 1986; 橋詰・山本, 1975)中最大値を記録した 895 個/m²(紙谷, 1986)を上回る値であった。

4. 雨水害による林分構造と林内相対照度の変化

1989 年 2 月 25 日から 26 日にかけて、調査地のある秩父演習林内栃本作業所管内の 900~1450 m 標高域の森林に雨水による被害が発生した(梶ら, 1991)。なかでも調査地の位置する標高 1160 m (Fj-1) 付近は、もっとも被害の著しい標高域であった。この雨水によって、イヌブナ

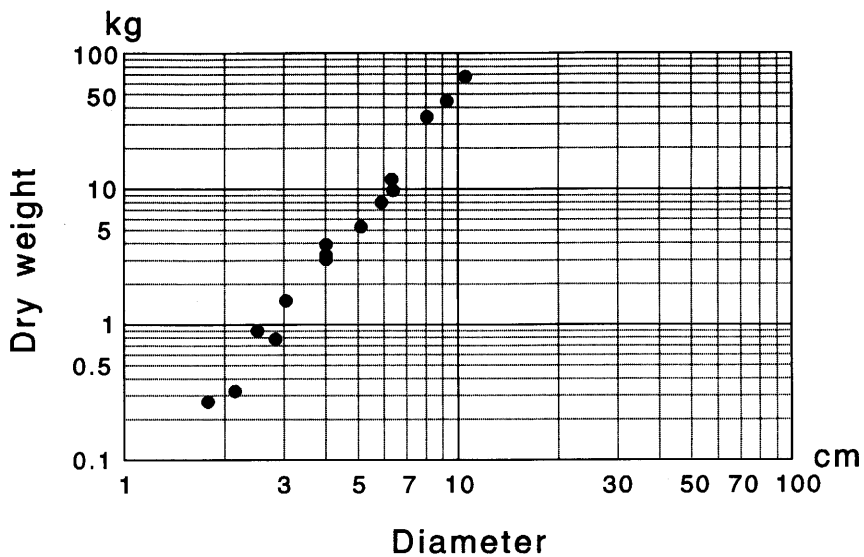


図-6 雨水害によって折損した枝・幹の直径と重さの関係

Fig. 6. Relationships between diameter and weight of the fallen branches and stems by glaze damaged in the plot Fj-1 in 1989.

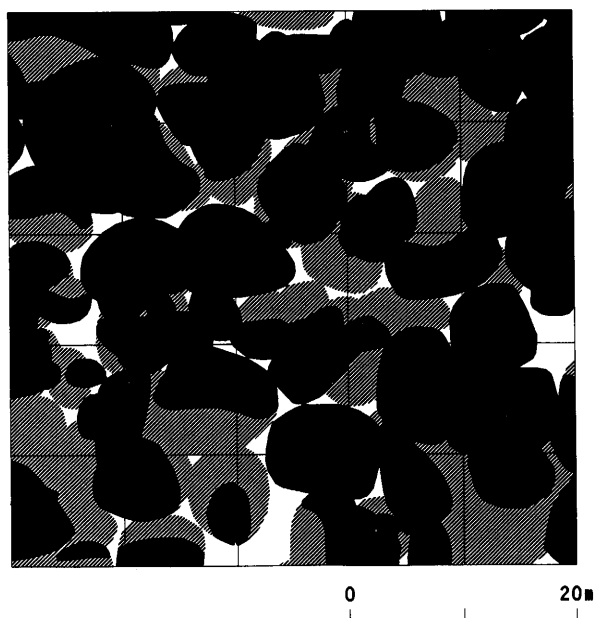


図-7 Fj-1 の樹冠投影図 (Onkubo *et al.* 1989) と雨水によって生じた林冠欠所

Fig. 7. Crown projection diagrams of stems higher than 10 m (Onkubo *et al.*, 1989) and the area in the canopy opened by glaze damage in the plot Fj-1 in 1989.

N. B. ■: Crowns, □: Gaps existed in 1984, ▨: Gaps newly formed in 1989.

を主体に枝や幹の折損被害が発生した。筆者らは、50 m×50 m の調査区内 (Fj-1) に落下した枝・幹重量を推定するため、1989年7月に折損した枝・幹のすべてについて、樹種と雨水によるものか否かの判別を行い、折損部の直径、長さ、分枝部までの長さ、枝幅を測定した。

折損した枝・幹の直径階分布を示す (図-5) と、被害総本数は0.25 ha 当たり414本で、樹種別ではイヌブナが圧倒的に数が多いことがわかる。直径階3~6 cm の枝の占める割合がもっとも高いが、なかには27~30 cm の太い幹も折損していることがわかる。また、折損した枝・幹のうちから直径の異なるイヌブナ試料15本を選び現場で生重を計った後、実験室に持ち帰り、乾燥器 (85°C) で1週間乾燥させた後、乾重を測定した。折損した枝・幹の諸測定値と重さとの関係を検討したところ、直径と重さは両対数軸上で直線関係を示し (図-6),

$$D_w = 0.0389 D^{2.6036} \quad (r=0.995)$$

の関係式が得られた。但し、 D_w は乾重 (kg), D は直径 (cm) を示す。この関係式を用いて総被害枝・幹重量を推定した。その結果、雨水によって14.4 ton (d_w)/ha の被害があったと推定された。この量は一般に温帯落葉樹林の地上部現存量 (平均300 ton/ha) (吉良, 1976) の5%弱の値に相当する。

次に、枝および幹が折損したことによって、林冠が疎開したことになるが、疎開率を求めるために、1990年3月に樹冠投影図を描き、1984年に描いた同図 (Onkubo *et al.*, 1988) と重ねあわせて示した (図-7)。同図から雨水害によって疎開した面積は全体の21.4%であった。また、1984年にすでに存在していた疎開部の面積比率が5.7%であったので、合わせて全体の27.1%が疎開したことになる。

雨水害によって林冠が疎開したことによって、林内の照度も大きく変化した。1990年10月

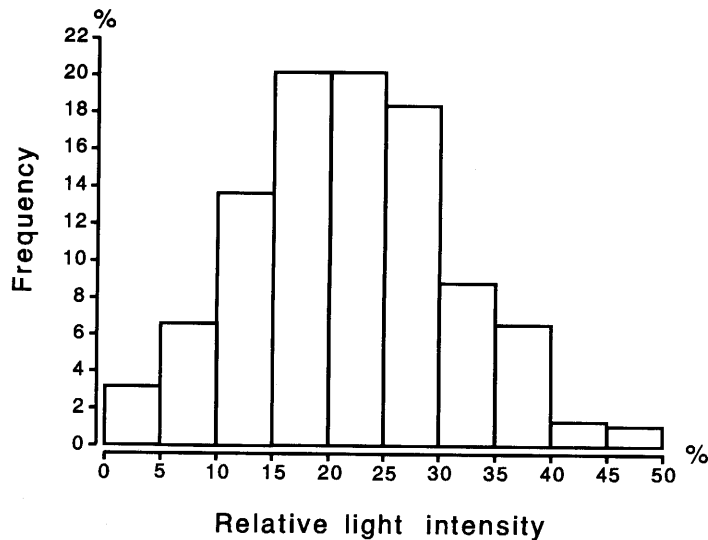


図-8 Fj-1 の地上 30 cm における相対照度の頻度分布

Fig. 8. Frequency distribution of the relative light intensity at 30 cm above the ground in the sample Fj-1.

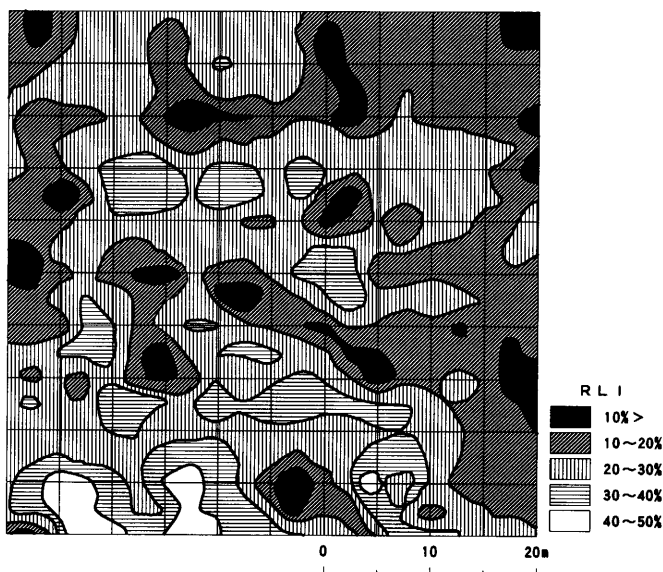


図-9 Fj-1 における相対照度の分布

Fig. 9. Distribution map in classes of the relative light intensity in the plot Fj-1.

15日(曇天)に調査区内を一辺2.5mのメッシュに区別して、各交点の照度を地上30cmの高さで測定した。同時に、近くの林道脇で全日照度の測定を行い、両者の比から相対照度を求めた。総測定数441点の相対照度の頻度分布および相対照度の分布図を図-8,9に示す。同図において、相対照度は15~25%の階級にモードをもつ正規分布を示し、同階級が全体の40%以上を占めていることがわかる。なお、平均相対照度は21.9%であった。林内の相対照度の測定は今回が初めてであり、雨水害発生以前の実際の値は知り得ないが、林冠疎開率と林内照度が比例するものとする、1984年の林冠疎開率5.7%から、相対照度は4.6%となる。

ブナおよびイヌブナの成長と相対照度との関係についてみると、庇陰処理によるブナ稚樹の成長試験において、相対照度3~5%処理区では枯死には至らないが、2%以下では枯死率が急激に高まること、また、相対照度5%では成長量の増加は僅かであること(片岡,1982)が知られている。イヌブナについてはこれに類する報告はないが、筆者らが行ったイヌブナ2年生稚樹の庇陰処理による成長試験においても、相対照度0.2%の処理区ではすべてが枯死したが、3~5%の処理区では光不足が直接原因となって枯死したものはなかった(梶,未発表)。このことから、イヌブナ稚樹はブナと同程度の耐陰性を有し、比較最小受光量も2%程度と考えられる。実際、Fj-1において相対照度2%以下のところは1点しかなく、2~5%の頻度も3.0%を占めるに過ぎない。したがって、雨水害によって林床の光環境はイヌブナ稚樹の生育にとって好ましい状態に変化したといえる。

5. イヌブナ堅果の発芽温度反応

本研究ではイヌブナの堅果生産数(落下密度)と実生の発芽・定着および消長に関する一連の更新初期過程を究明することを目的としている。したがって、結実落下した堅果の発芽率、発芽

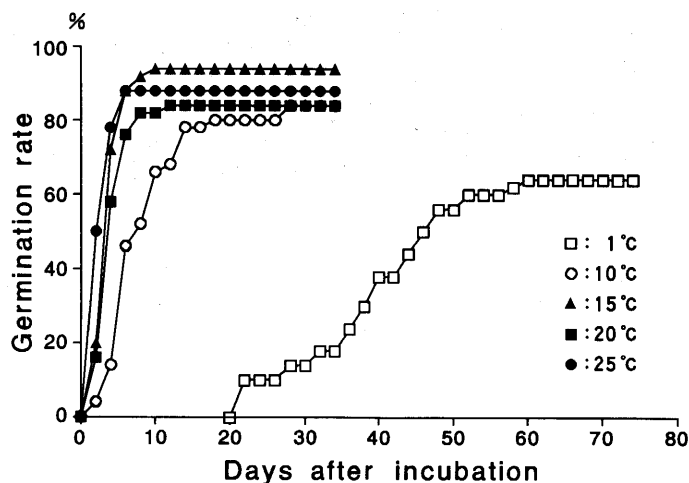


図-10 異なる温度条件下におけるイヌブナ堅果の発芽

Fig. 10. Germination of the nuts of Japanese beech (*Fagus japonica*) under the different temperature conditions.

適温、発芽可能な最低温度などを明確にしておく必要がある。そこで、筆者らは1988年に落下した堅果を多量に採取して、水で比重選別した堅果を2°Cで3ヶ月間冷湿処理を行った後に、1°C、10°C、15°C、20°C、25°Cの各温度（恒温）条件下で発芽試験を実施した。なお、1°Cという低温条件を設定したのは、2°Cの冷湿処理期間中に発芽が認められたためである。発芽試験に用いた堅果数は、各温度とも50個であった。

各温度条件下の供試日数と累積発芽率の関係を図-10に示す。同図から、15°C～25°Cの3つの温度条件下ではいずれの温度でも供試後1週間で80%以上の高い発芽率を示した。また、10°Cでは供試後16日で80%以上の発芽率に達した。各温度条件における最終発芽率は1°Cが64%、10°Cが84%、15°Cが94%、20°Cが84%、25°Cが88%で、15°Cがもっとも高い発芽率を示した。最終発芽率に達するまでの日数は、高い温度程短い傾向が認められた。1°Cの低温条件下では65%の発芽率に達するのに60日を要した。

以上の結果から、比重選別によって健全堅果とみなしたもののうち少なくとも80%以上は発芽可能な堅果であることが確かめられた。それと同時に、イヌブナ堅果は幅広い温度範囲で発芽が可能であること、また、1°Cという低い温度条件下でも発芽することが確認された。実際に野外での観察でも2月中旬に積雪下で発芽している堅果のあることが確認された。

6. 実生発生と消長

6.1 実生発芽密度と健全堅果落下密度の関係

調査を開始した1989年5月9日の両調査区における各ベルト内で発芽したイヌブナ実生の初期密度はそれぞれ3.6～10.6本/m² (Fj-1)、1.1～1.5本/m² (Fj-2)、平均密度は6.1本/m² (Fj-1)、1.3本/m² (Fj-2)で、Fj-1ではベルトによって発芽密度に多少の差がみられた。なお、両調査区ともにイヌブナ堅果はこの時点でほとんど発芽を完了させ、双葉が地表に現れている状態にあった。

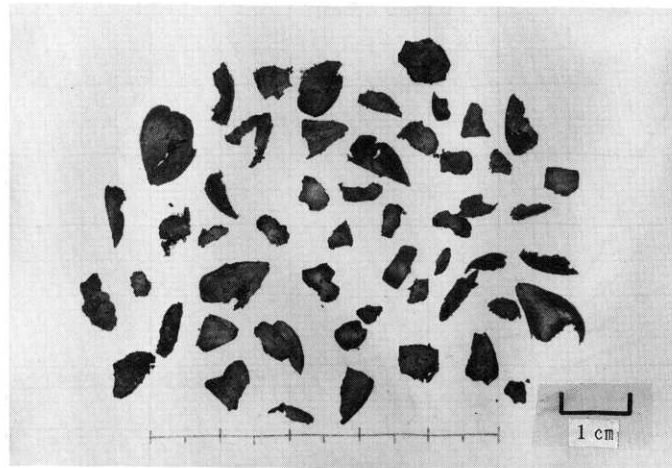


図-11 ニホンザルの糞中に見いだされたイヌブナの果皮片

Fig. 11. Crushed pieces of the pericarps of Japanese beech (*Fagus japonica*) found in the feces of Japanese macaque.

ここで両調査区における 1988 年に落下した健全堅果密度に対する実生密度の割合を求めると、1.1% (Fj-1) と 0.4% (Fj-2) となる。また、発芽可能な堅果数を健全堅果の 80% ととして同じくその割合を求めると、1.3% (Fj-1) と 0.5% (Fj-2) となる。いずれにしても両調査区ともに堅果落下数に対して実際に発芽してくる実生数はきわめて少ないことがわかる。すなわち、堅果が落下してから発芽するまでの約 4 ヶ月の間に 90% 前後の堅果が発芽能力を失うかあるいは動物に食われたり持ち去れてしまうことを示している。

ブナ属堅果は乾燥させると発芽力を失うことが知られている。しかし、実際にどの程度乾燥すると発芽力を失うかは明らかにされていない。ちなみに、11 月に落下した堅果を 1 ヶ月間室温に置いた後に発芽試験を行ったところ、まったく発芽が認められなかった。このことから、とくに冬季間積雪量が少なく春先に乾燥する秩父山地では、斜面方位や落下した地表の状態によっては、乾燥によって発芽能力を失う堅果が少なくないと推定される。

動物による食害あるいは持ち去りについての量的な評価は難しいが、1984 年 11 月に Fj-1 の近くから採取したツキノワグマの糞の内容はほとんどがイヌブナ果皮の未消化物で占められていた (大久保ら, 1989)。また、1988 年 11 月に Fj-1 内で採取したニホンザルの糞もそのほとんどがイヌブナ果皮の未消化物で占められていた (図-11)。また、1989 年の 2 月に両調査区外のイヌブナ林下で、ニホンザルが落葉層をかき分けイヌブナ堅果を拾い食いする光景が観察された。以上の事実から、クマ、サルをはじめ、リス、ネズミ類による食害や持ち去りによって消失する堅果の量もかなり多いものと思われる。

6.2 実生密度の推移

両調査区における 4 本の各ベルトの実生密度の推移をみると (図-12), Fj-1 では 8 月初旬まで枯死する個体の割合が高く、その傾向は No. 1 のベルトでとくに著しいことがわかる。8 月初旬以降は枯死率は低い状態で推移して、1990 年 10 月下旬にはベルト間の差はほとんどなくなり、発生翌年の 10 月下旬まで 1.1 本/m² の実生が生残していた (図-12)。なおベルト No. 1 に 1990 年 11 月初旬まで生残していた実生の苗高および地際直径階分布を図-13 に示した。同図が

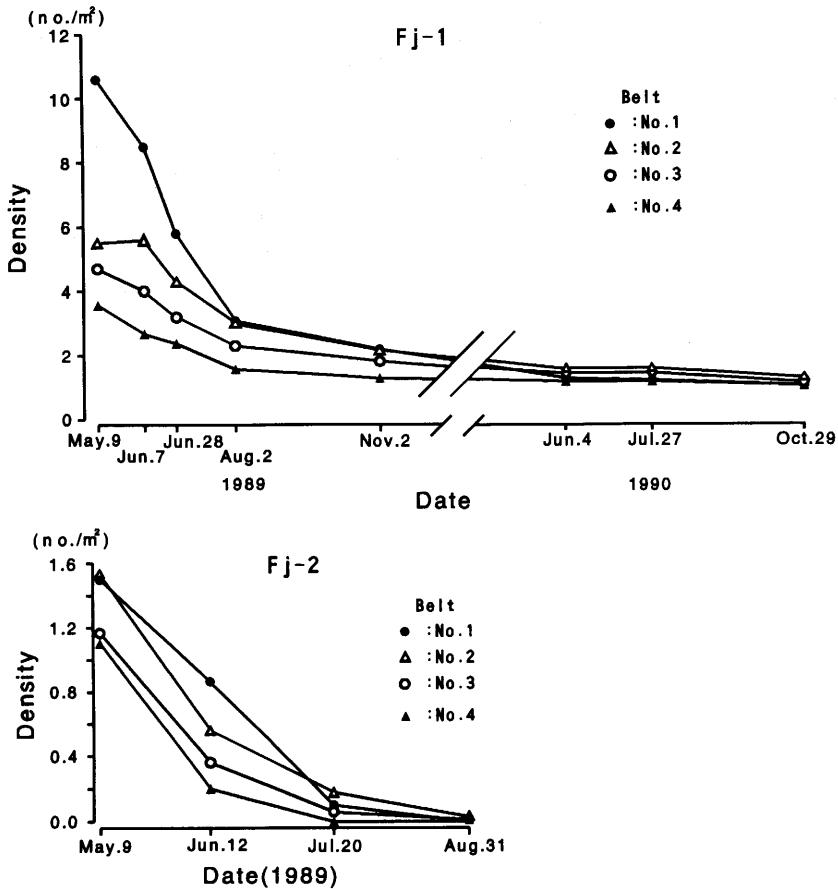


図-12 1989年に発芽した実生の生存曲線

Fig. 12. Survivorship curve of Japanese beech (*Fagus japonica*) seedlings in each of the four belts in the two plots (Fj-1 and Fj-2) in 1989.

ら苗高は 6.0~7.5 cm, 地際直径は 1.2~1.4 mm の階級にそれぞれモードをもつことがわかる。また, 平均苗高は 7.18 ± 0.26 cm, 平均地際直径は 1.33 ± 0.04 mm であった。

一方, Fj-2 では 6 月中旬まで高い枯死率を示し, それ以降枯死率は低下するが, 8 月下旬にはすべての実生が枯死した (図-12)。Fj-2 で発芽当年にすべての実生が枯死した理由として, Fj-1 に比べ雨水害の度が小さく, その分林内の光条件が Fj-1 ほど大きく変化しなかったこと, 林床植生が Fj-1 と異なりコカンスゲが密に被うため, 地表付近の光条件が実生の生育にとって好ましい状態ではなかったことの 2 点があげられる。

6.3 実生の枯死要因

Fj-1 で 1985 年に発生した実生の枯死要因として, ブナノハアブラムシ (*Phyllaphis fagi* L.), シャクガ類による加害が指摘された (大久保ら, 1989)。しかし, 1989 年には両調査区ともにブナノハアブラムシの発生および加害はみられなかった。1989 年の 6 月~8 月にかけて本葉の一部が褐変する実生個体が数多く見られた点が注目された (図-14)。これは, 東北地方でブナ林に

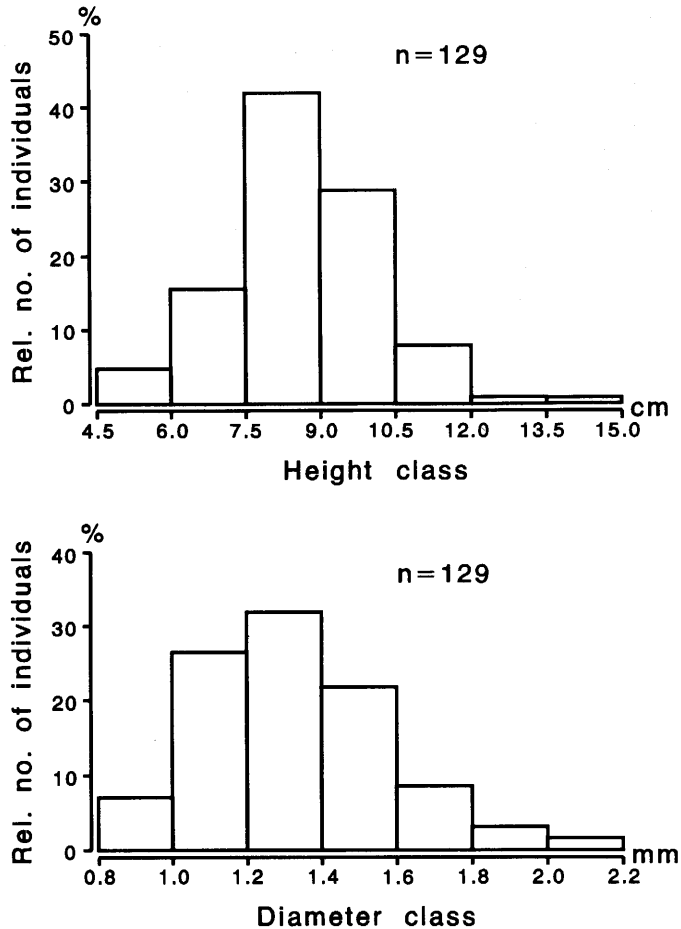


図-13 1989年に発芽した1年生実生の苗高および地際直径階分布

Fig. 13. Basal diameter and height distribution of 1-year old Japanese beech (*Fagus japonica*) seedlings germinated in 1989 in the plot Fj-1.

多大の被害を発生させているブナアオシャチホコ (*Quadricalcrifera punctatella* MOTSCHULSKY) の1齢幼虫による食害 (鎌田, 1990a, b) によるものであることが確認された。ちなみに、ブナアオシャチホコの1齢幼虫はブナの葉上に集団で生活し、柵状組織を食害することが知られている。食害された葉はしばらくすると褐変し、やがて組織は葉脈だけを残してレース状にはげ落ちることが知られている。実際に、両調査区ともにブナアオシャチホコが発生しており、実生の褐変の原因の多くは同幼虫の食害によるものと推定された。

関東地方においては、ブナアオシャチホコの発生および被害状況に関する報告はきわめて少ないが、後に述べる両調査区のシード・トラップに落下したブナアオシャチホコの糞の状況から、少なくとも1988年～1990年の3年間は両調査区でブナアオシャチホコが発生していることがわかる。また、Fj-1においてはシード・トラップを設置した1984年～1986年にも同じ糞の落下が認められていることから、最近7年間はブナアオシャチホコの発生が続いているものと考え

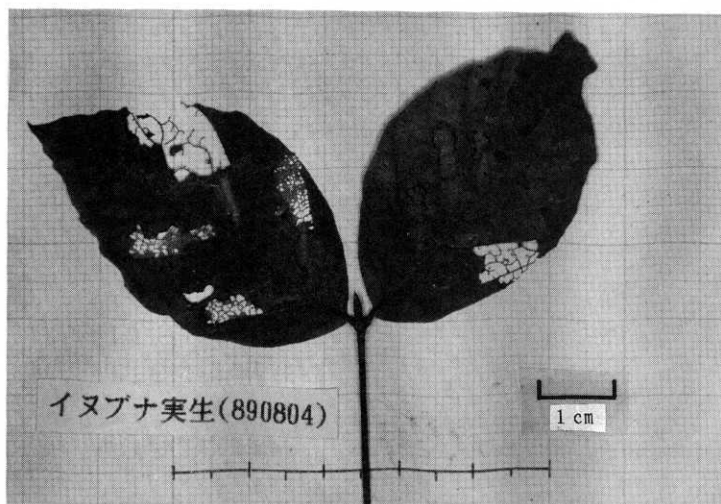


図-14 ブナアオシャチホコの1齢幼虫の食害を受けたイヌブナ実生

Fig. 14. Leaves of Japanese beech (*Fagus japonica*) seedling fed by the first instar larvae of moth (*Quadricalcrifera punctatella*).

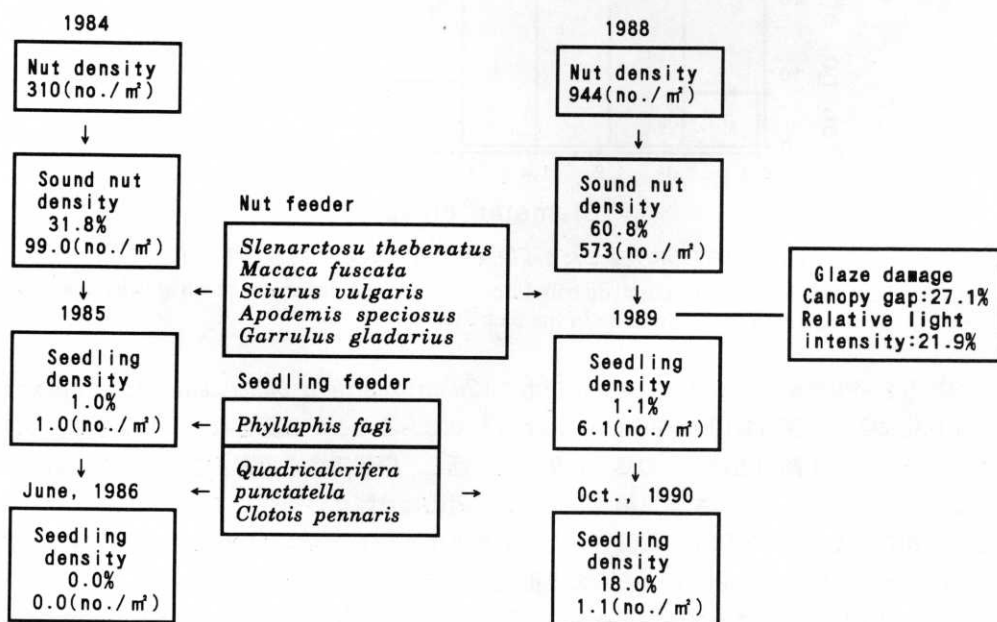


図-15 1984年と1988年におけるイヌブナ堅果落下から実生発芽の過程とそれらの消長に関わる要因の比較

Fig. 15. Comparison of the density of fallen nuts of Japanese beech (*Fagus japonica*) and the survival of seedlings in the subsequent years in the plot Fj-1 between mast years in 1984 (OHKUBO *et al.*, 1989) and 1988 and relating environmental factors.

表-8 イヌブナ優占林分 (Fj-1) におけるリター落下量 (kg/ha)

Table 8. Size of litter fall (kg/ha) in the sample plot (Fj-1) of Japanese beech forest in the years 1988-1990

	1988	1989	1990
1 Leaf	2154.8±70.9 ¹⁾	1322.3±70.7	1752.3±271.9
2 Nut <i>F. japonica</i>	896.3±137.2	0.0±0.0	18.9±26.4
3 <i>F. crenata</i>	3.5±2.1	25.1±10.9	0.0±0.0
4 Cupule <i>F. japonica</i>	245.5±27.9	0.8±0.4	17.4±23.3
5 <i>F. crenata</i>	9.0±7.5	47.6±21.0	0.1±0.1
6 Other seed and fruit	23.9±8.0	0.3±0.3	22.2±8.8
7 Branch	265.4±104.5	179.1±74.9	281.8±113.6
8 Others	27.6±4.6	265.2±44.8	96.7±23.0
Total (1-7)	3598.4±194.0	1575.2±107.9	2092.7±340.4
Total (1-8)	3626.0±193.6	1840.4±125.2	2189.4±341.4

N. B. The number of seed traps and the period of their setting are the same with those in Table 3. Others: Frass of *Quadricalcarifera punctatella* and insect gall of Cecidomyiidae.

¹⁾ Means at confidence coefficient of 95%.

表-9 イヌブナ優占林分 (Fj-2) におけるリター落下量 (kg/ha)

Table 9. Size of litter fall (kg/ha) in the sample plot (Fj-2) of Japanese beech forest in the years 1988-1990

	1988	1989	1990
1 Leaf	2622.7±140.0 ¹⁾	1967.8±131.1	2156.7±113.6
2 Nut <i>F. japonica</i>	823.3±130.8	0.0±0.1	27.4±13.5
3 <i>F. crenata</i>	0.1±0.2	26.2±19.5	0.2±0.2
4 Cupule <i>F. japonica</i>	261.5±45.4	0.0±0.4	20.3±8.8
5 <i>F. crenata</i>	0.5±1.0	51.9±38.5	0.4±0.6
6 Other seed and fruit	89.1±10.0	18.3±11.4	135.1±27.6
7 Branch	169.7±43.5	232.3±83.8	309.1±192.8
8 Others	11.4±3.0	106.5±19.9	66.0±5.4
Total (1-7)	3966.9±178.1	2297.0±233.6	2649.2±217.3
Total (1-8)	3978.3±177.7	2403.5±233.2	2715.2±218.2

N. B. The number of seed traps and the period of their setting are the same with those in Table 3. Others: Frass of *Quadricalcarifera punctatella* and insect gall of Cecidomyiidae.

¹⁾ Means at confidence coefficient of 95%.

られる。そのほかガ類としてクロバネフユシャク (*Alsophila foedata* INOUE), カバエダシャク (*Clotois pennaria* L.), ハスオビエダシャク (*Quadeicalcrifera punctatella* BUTLER) による食害が確認された。

6.4 1985年の実生密度推移との比較

Fj-1 では1985年にもイヌブナ実生密度の推移について調査を行っているが、同年5月の実生初期密度は1.04本/m²で、1989年の約1/6であった(図-15)。そして、発芽当年に同実生の98.6%が枯死し、翌年の6月までには越年した実生のすべてが枯死した。同年の実生枯死に関わ

表-10 2ヶ所のイヌブナ優占林分におけるリター落下量の内容別割合 (%)

Table 10. Contents of litter in the percentages in the sample plots (Fj-1 and Fj-2) of Japanese beech forests in the years 1988-1990

	Fj-1			Fj-2		
	1988	1989	1990	1988	1989	1990
Leaf	59.4	71.8	80.0	65.9	81.9	79.4
Nut	24.7	0.0	0.9	20.7	0.0	1.0
	<i>F. japonica</i>					
	<i>F. crenata</i>	0.1	1.4	0.0	1.1	0.0
Cupule	6.8	0.0	0.8	6.6	0.0	0.7
	<i>F. japonica</i>					
	<i>F. crenata</i>	0.2	2.6	0.0	2.2	0.0
Other seed and fruit	0.7	0.0	1.0	2.2	0.8	5.0
Branch	7.3	9.7	12.9	4.3	9.7	11.4
Others	0.8	14.4	4.4	0.3	4.4	2.4

る主な生物的要因は、実生発生初期段階（双葉期）におけるブナノハアブラムシの加害およびガ類幼虫（本葉期）の食害であった（大久保ら，1989）。すでに述べたところから，1989年に発芽した実生の方が枯死率が低く，生存期間も長いことがわかる。この差をもたらした主な原因は，1989年の2月に発生した雨水害によって林冠部の約27.1%が疎開して，林内の光条件が好転したこと，1985年に実生に多大の被害を及ぼしたブナノハアブラムシの発生が1989年にはなかったことの2点によるものと考えられた。

7. リター落下量

7.1 総リター量と堅果落下量

3年間のリター量の内訳および総量を示す（表-8, 9）。1988年の総量は両調査区ともに3500 kg/haを超えた。しかし，1989, '90両年の総量はこれを大きく下回った。その主な原因は，1989年2月に発生した雨水害によって多量の枝および幹の折損したことにあると考えられる。Fj-1における枝・幹の折損量はすでに述べたとおりであるが，Fj-2については折損量の調査は行っていない。しかし，Fj-2は雨水害の発生した標高域の中心から外れており（梶ら，1991），被害の程度はFj-1に比べて小さかった。

総リター量のうちで占める割合のもっとも高かったのは落葉で，1988年を除いて両調査区ともに70%以上であった。しかし，1988年は59.4% (Fj-1), 65.9% (Fj-2) で，両調査区ともに落葉の占める割合は低い値を示した。3年間でもっともイヌブナ堅果落下量の多かった1988年は，総リター量の24.7% (Fj-1), 20.7% (Fj-2) をイヌブナの堅果が占めた。また，殻斗を合わせるとその量は31.5% (Fj-1), 27.3% (Fj-2) であった（表-10）。

両調査区における1988年イヌブナ堅果落下量 (896.3 ± 137.2 kg/ha (Fj-1), 823.3 kg \pm 130.8 kg/ha (Fj-2)) は，1989年および'90年のそれぞれ89,630倍，47.4倍 (Fj-1), 2,029倍，30.0倍 (Fj-2) であった。また，1988年の両調査区におけるイヌブナ堅果と殻斗落下量の比はそれぞれ3.7と3.2であった。

7.2 落葉量と堅果落下量との関係

着果量と落葉量との関係に関連して，菊池(1968)は福島県御前山で，豊作年に着果の密な枝

は、着果の少ない枝に比べて花芽が多く、逆に葉芽は少なくなり、したがって明らかに葉が小型でかつ落葉量も著しく少なくなることを指摘している。河田・丸山(1986)は、岩手県八幡平で森(1978)がブナ豊作(1986年)に得たブナの葉重は1.9 ton/ha·yr.は、日本のブナ林の落葉量の平均値とされる 2.86 ± 0.6 ton/ha·yr (斎藤, 1981)と比較して著しく少なく、また栃木県矢板のイヌブナを混じえたブナ林のデータでも、豊作年(1976年)は並作年(1973年)および凶作年(1974年および1975年)より落葉量は少ないという事実(河原ら, 1979)から、種子生産量が多い場合には落葉量の減少がもたらされるが、少ない場合には明瞭な影響は及ぼさないと述べている。

1988~1990年の3年間は調査初年度の1988年がイヌブナ堅果豊作年に当たり、また翌年は雨水害が発生したためにその後落葉量が大きく減少している。したがって、今回のデータだけから堅果落下量と落葉量との関係を論じることはできない。そこで、1984年~1986年の3年間のFj-1における落葉量(大久保ら, 1989)を参照すると、 3314.6 ± 145.4 /ha (1984年), 3347.6 ± 276.8 kg/ha (1985年), 3104.7 ± 134.1 kg/ha (1986年)となっているが、このうち1984年の値に一部集計の誤りがあった。訂正値は 3060.9 ± 139.8 kg/haである。いずれにしても1984年~1986年の3年間の落葉量の平均値は3000 kg/haを超える値であった。1985年の3347.6 kg/haを100とすると、1988年のイヌブナ堅果豊作年は64.3となり、落葉量が大幅に減少したことになる。ただし、落葉量の年変動に関連して食葉性昆虫類の摂食量が少なからず影響することはいうまでもないが、以下に述べるように1988年における摂食量はとくに多いという結果は得られなかった。したがって、ブナ林と同じようにイヌブナ林においても堅果豊作年には落葉量が大幅に減少するといえる。

7.3 ガ類幼虫による葉の被食量

各種のガの幼虫の摂食量と脱糞量との関係は古野(1963, 1964, 1964, 1968)および古野ら(1970)によって検討されてきた。依田(1971)は古野らのデータに基づいて、広葉樹林の食葉性のガを種類や餌として与えた植物の種類を無視してひとつのグラフにプロットすると、ほぼ一本の線で近似することができるとして、広葉樹林の食葉性のガ類の摂食量は脱糞量の約1.2倍、針葉樹林のそれは1.15倍という、脱糞量から摂食量を推定する目安になる値を示した。

両者の関係を正確に推定するには、各時期ごとの幼虫の数と種類と大きさと、それに摂食量、脱糞量のデータが必要なことはいうまでもないが、ブナあるいはイヌブナ林における主たる摂食者であるブナアオシャチホコの摂食量との関係についての報告はない。したがって、ここでは依田(1971)の示した摂食量と脱糞量の関係から両調査区における葉の被食量を表-8, 9から推定すると、Fj-1では33.1 kg/ha (1988年), 318.2 kg/ha (1989年)および116.0 kg/ha (1990年)、同じくFj-2では13.7 kg/ha (1988年), 127.8 kg/ha (1989年), 79.2 kg/ha (1990年)となる。ただし、そのほか(表-8, 9)のなかにはイヌブナボタンタマバエ(学名未決定)による虫えい、イヌブナボタンフシ(楨原, 1991; 湯川, 1991)がわずかに含まれるが、無視できる量であったので計算にはそのほかの値をそのまま用いた。

Fj-1とFj-2における被食量を比較すると、いずれの年もFj-2の被食量が少なく、Fj-1の41.3% (1988年), 40.2% (1989年), 68.2% (1990年)であった。このことはFj-1の方がブナアオシャチホコの発生個体数が多かったことを示唆している。

また、両調査区ともに3年間で最大の被食量を示した1989年をそれぞれ100として年次別の

被食量を比較すると、Fj-1 は 10.4 (1988 年), 36.5 (1990 年), Fj-2 は 10.7 (1988 年), 62.0 (1990 年) となり、両調査区ともに 1988 年がもっとも小さい値を示した。その理由として、1988 年はトラップを設置した時期がほかの兩年よりも遅かったことに原因があると思われる。

いずれにしても、ブナアオシャチホコを主とするガ類による被食量は落葉量を推定する場合、無視できない値であることがわかる。

7.4 雨水害による着葉量の減少と回復

1989 年 2 月の雨水害による枝・幹の折損量は 14.4 ton/ha であった。当然のこととして、同年の着葉量に多大の影響が現れることが予測される。ちなみに 1989 年はイヌブナは凶作年に相当する。同年のブナは 3 年間で最大の堅果落下量を記録したが、その量は 25.1 ± 10.9 kg/ha で並作を下回る落下量に過ぎなかった。これらの事実から、1989 年はブナ属の着果量が着葉量に及ぼす影響はほとんどなかったものと推定される。したがって、同年の落葉量の減少の多くは雨水害には起因するものと考えてよからう。また、さきに述べたように 1989 年は 3 年間でガ類による最大の被食量(摂食量)があったと推定される。したがって被食量を考慮して、1985 年の落葉量 3347.6 kg/ha (Fj-1) (大久保ら, 1989) に同年の糞落下量(一部タマバエの虫えいを含む)から求めた被食量 215.3 kg/ha を加えた 3562.9 kg/ha を同年の着葉量とみなすと、1989 年のそれは 1640.5 kg/ha となる。したがって、雨水害によって '85 年の 54.0% にあたる 1922.4 kg/ha の着葉量の減少があったと推定される。同じく 1990 年の着葉量は 1868.3 kg/ha となり、前年比べて 227.8 kg/ha の増加を示している。これは雨水によって折損した枝が新しいシュートを伸長させ着葉量が増加したこと、すなわち雨水害後の回復過程を示すものとして注目される。同様の傾向は Fj-2 においても認められる。

V. ま と め

以上述べてきたところから、Fj-1 における 1984 年と '88 年のイヌブナ堅果落下数ならびに翌年に発芽した実生の消長とそれに関わる種々の要因との関係を概括的に示すと、図-15 のようになる。

同図から、1984 年の落下堅果密度は 310 個/m² で、そのうち 31.8% にあたる 99 個/m² が健全堅果であった。翌年に発芽した実生密度は落下した健全堅果の 1.0% の 1.0 本/m² で、これらの実生は '86 年の 6 月までにすべて枯死してしまった。実生枯死要因にはブナノハアブラムシの加害、ブナアオシャチホコ、シャクガ類の幼虫による食害があげられた。一方、1988 年は堅果落下密度 944 個/m² で、'84 年の約 3 倍の落下密度であった。そのうち 60.8% のにあたる 573 個/m² が健全堅果であった。しかし、翌年発芽した実生密度は落下した健全堅果の 1.1% に当たる、6.1 本/m² であった。このことから、1984, '89 年ともに健全堅果の約 99% はクマ、サル、リス、ネズミ等による摂食や持ち去りおよび乾燥による枯死によって失われたものと推定された。

さらに、1989 年 2 月に発生した雨水害によって同調査林分は 14.4 ton/ha の枝・幹の折損が生じた。これによって林冠疎開率が '84 年の 5.7% から 27.1% となった。林内平均相対照度も '84 年の 4.6% から 21.9% となり、実生の生育に好ましい光条件となった。

このような条件下で同年に発芽した実生は、ブナアオシャチホコその他のガ類幼虫の食害を受け枯死したのもあったが、翌 '90 年の 11 月の時点でも初期実生密度の 18% にあたる 1.1 本/m² の生残があった。このように 1989 年に発芽した実生は、生存率の高さおよび生存期間の長さ

に加えて、生育状況も、とくに光条件のよいところではきわめて良好であった。

以上、イヌブナの堅果落下から実生の生残に至る一連の過程を概略的にみてきた。これによって萌芽による更新を主体とするイヌブナにおいても、条件させ整えば実生による更新の可能性も十分あることが確められた。樹上における堅果の食害、落下堅果の消失などに関わる生物的要因の詳細については未だに不明な点を多く残しているが、その原因の所在は明かになりつつある。今後はこれらの点を含めて、その解明に向けてさらに研究を進めていくこととする。

要 旨

1. イヌブナ (*Fagus japonica* MAXIM) 実生の更新実態を明らかにする目的で、秩父山地のイヌブナ天然林 2 ケ所に設けた調査区 (Fj-1, Fj-2) において、1988 年から 3 年間にわたって堅果・殻斗落下数、リター落下量および実生の消長を調べた。

2. イヌブナの堅果落下密度は年によって大きく変動し、Fj-1 で 943.93 ± 144.00 個/m² (1988) ~ 0.2 ± 0.21 個/m² (1989), Fj-2 で 907.11 ± 150.26 個/m² (1988) ~ 0.22 ± 0.29 個/m² (1989) であった。堅果落下数をもっとも多かった 1988 年の落下密度は同調査地 (Fj-1) において過去に記録された最多堅果落下数 (大久保ら, 1989) の約 3 倍であった。また、今までに知られるブナの最多落下密度 (895 個/m²; 紙谷, 1986) を上回る値であった。

3. 1988 年イヌブナ堅果総落下数に対する健全、発育不全、しいな、虫害、鳥獣害堅果の割合は、Fj-1 でそれぞれ 60.8%, 12.0%, 11.9%, 7.7% および 7.7%, Fj-2 でそれぞれ 36.4%, 27.6%, 16.6%, 5.9% および 13.5% であり、調査区間で数値は異なっていたが、健全堅果の占める割合をもっとも高い点では同じであった。1988 年の健全堅果落下数は 10 月初旬から増えて、10 月下旬から 11 月初旬にかけてピークに達した。堅果総落果数もこれと同じ傾向を示した。ピーク時 (10 月 26 日 ~ 11 月 9 日) における日当たり平均堅果落下数は 36.7 個/m²/日 (Fj-1) と 28.4 個/m²/日 (Fj-2) であった。

4. 1988 年に落下採取されたイヌブナの健全堅果を異なる温度条件下 (1°C, 10°C, 15°C, 20°C および 25°C) で発芽検定にかけたところ、15°C 以上ならいずれも 1 週間で 80% 以上の発芽率を示し、10°C の場合でも 16 日間で発芽率が 80% 以上となった。さらに、1°C の低温でも 2 ケ月で 64% の高率に達した。これらの結果は、イヌブナ堅果は幅広い温度条件下で発芽可能であることを示している。

5. 調査林分は 1989 年 2 月の雨水害によってイヌブナを主体に 14.4 ton/ha の枝・幹の折損を生じた。これによって新たな林冠欠所 (疎開率: 21.4%) が生じ、1984 年に既に存在した林冠欠所 (疎開率: 5.7%) と合わせて 27.1% の林冠疎開率となった。その結果、林内の平均相対照度は 21.7% になり、実生の生育に好ましい光条件になった。

6. イヌブナ堅果の最多落下年の翌年 (1989) に発芽した平均実生密度は、6.1 本/m² (Fj-1) および 1.3 本/m² (Fj-2) で、健全堅果の落下密度に対する実生密度の割合は、それぞれ 1.1% (Fj-1) および 0.4% (Fj-2) となった。つまり、両調査区ともに堅果落下数に対して実際に発芽した実生数がきわめて少なく、このことは、堅果が落下してから発芽するまでの 4 ケ月間に健全堅果のほぼ 99% が発芽能力を失うかあるいは動物に食われたり持ち去られてしまったことを示唆している。食害動物としてツキノワグマ、ニホンザル、リス、ネズミ類があげられた。

7. Fj-1 において発芽した実生はブナアオシヤチホコおよびシヤクガ類などの幼虫の摂食あ

るいは乾燥害が原因と思われる枯死によって減少したが、翌年(1990)の10月下旬でもなお1.1本/m²が生存していた。一方、Fj-2の実生は発芽当年の8月下旬までにすべて枯死した。両区の実生生存率および生存期間の差違は、光条件および林床植生が異なることによるものと考えられた。

8. ここで、Fj-1における1988年の堅果落下密度とその後の実生の消長を同区における1984年(堅果豊作年)のそれ(大久保ら, 1989)と比較すると、健全堅果の落下密度に対する発芽実生密度の割合は両年ともにほぼ同じであったが、1989年に発芽した実生の方が1985年のそれよりも生存率が高く、生存期間も長かった。両者に差異をもたらした原因は、1)1985年にはブナノハアブラムシの加害によって実生の多くが枯死したが、1989年にはその発生がなかったこと、2)1989年2月に発生した雨水害によって林内の光条件(相対照度)が実生の生育に好ましい状態に変化したこと、の2点にあるものと推定された。

9. 1988年のリター総落下量は両調査区ともに3500 kg/haを超えた。しかし、'89年と'90年のそれはこれを大きく下回った。その主な原因は、雨水によって枝および幹が折損したことにあると考えられた。総リター量のうちで占める割合のもっとも高かったのは落葉で、1988年を除いて両調査区ともに70%以上であった。しかし、1988年のそれは59.4%(Fj-1)と65.9%(Fj-2)であった。Fj-1における1988年(豊作年)の落葉量を1985年(不作年)のそれ(大久保ほか1989)と比較したところ、1985年の64.4%に過ぎなかった。このことから、堅果豊作年には落葉量が減少するという、ブナ林で知られている結果がイヌブナ林においても当てはまることが確認された。

10. 以上の結果から、堅果豊作年の翌年の実生発生と林冠ギャップの形成が一致した場合には、イヌブナ林においても萌芽更新ばかりでなく実生による更新も十分可能であることが明らかにされた。

キーワード: 秩父, 天然更新, イヌブナ, 堅果, 実生

引用文献

- 古野東州: マツカレハ幼虫の摂食量について, 日林誌, 45: 368-374, 1963.
 ———: マイマイガおよびクスサンの幼虫の摂食量について, 日林誌, 46: 14-19, 1964.
 ———: アメリカシロヒトリの摂食量について, 日林関西支講, 17: 44, 1967.
 ———: アメリカシロヒトリおよびモンクロシャチホコ幼虫の摂食量について, JIBP-PT-志賀山, 42: 64-69, 1968.
 ———・白猪吉郎: モンクロシャチホコおよびセグロシャチホコの幼虫の摂食量について, 京大演報, 41: 26-40, 1970.
 橋詰隼人・菅原基晴・長江恭博・樋口雅一: ブナ採種林における生殖器官の生産と散布種子の生産と散布, 鳥取大農研報, 36: 35-42, 1984.
 ———・山本進一: ブナ林の成立過程に関する研究(II), 種子の落下・稚樹の発生及び消失について, 86回日林講, 226-227, 1975.
 保坂良悦・高野憲一: ブナノキ種子落下量の分布について, 日林東北支誌, 34: 196-198, 1983.
 五十嵐 豊: ブナ林の種子加害昆虫類, 「ブナ林の自然環境と保全」, 226-228, ソフトサイエンス社, 東京, 1991.
 井上 寛・杉 繁郎・黒子 浩・森内 茂・川辺 湛: 日本産蛾類大図鑑(I), 966 pp., 講談社, 東京, 1982.
 梶 幹男・沢田晴雄・斎藤俊浩・斎藤 登・中山 勇・赤岩朋敏・伊藤幸也: 1989年2月下旬秩父演習林で発生した人工造林地雨水害の要因解析, 東大演報, 85: 49-66, 1991.

- 片岡寛純：「ブナ林の保続」, 135 pp., 農林出版, 1982.
- 紙谷智彦：豪雪地帯におけるブナ二次林の再生産過程に関する研究 (III), 平均胸高直径の異なるブナ二次林 6 林分における種子生産, 日林誌, 68: 447-453, 1986.
- 鎌田直人：ブナアオシャチホコ, 林業と薬剤, 110: 1-8, 1990.
- ：ブナアオシャチホコの盛衰, 林業新知識, 441: 10-13, 1990.
- 樫村大介・斎藤久夫・貴田 忍：ブナ林における傘伐作業試験 (第 II 報), 種子の落下, 日林誌, 35: 282-285, 1953.
- 河田 弘・丸山幸平：ブナ天然林の結実がリターフォール量および養分量に及ぼす影響, 日生態会誌, 36: 3-10, 1986.
- 河原輝彦・只木良也・竹内郁雄・佐藤 明・樋口国雄・加茂皓一：ブナ天然林とヒノキ人工林の物質生産とその循環, 日生態会誌, 29: 387-395, 1979.
- 菊池捷治郎：ブナ林の結実に関する天然更新論的研究, 山形大学紀要 (農学), 5: 221-306, 1968.
- 吉良竜夫：大生態系の類別と分布, 「陸上生態系」, 12-74, 共立出版, 東京, 1976.
- 前田禎三：ブナの更新特性と天然更新技術に関する研究, 宇都宮大学農学部学術報告特輯, 46: 79 pp, 1988.
- ・宮川 清：ブナの新しい天然更新技術, 「新しい更新技術」, 80-252, 創文, 東京, 1971.
- 榎原 寛：ブナ林の虫えい昆虫類, 「ブナ林の自然環境と保全」, 222-226, ソフトサイエンス社, 東京, 1991.
- 箕口秀夫・丸山幸平：ブナ林の生態学的研究 (XXXVI) 豊作年の果実の発達とその動態, 日林誌, 66: 320-327, 1984.
- 森 麻須夫：種子の吉凶がブナ天然林の現存量と生長量に及ぼす影響, 日林東北支誌, 29: 86-87, 1978.
- NAKASHIZUKA, T.: Regeneration process of climax beech (*Fagus crenata* Blume) forests IV. Gap formation, Jap. J. Ecol. 33: 409-418, 1984.
- OHKUBO, T., KAJI, M. and HAMAYA, T.: Structure of primary Japanese beech (*Fagus japonica* MAXIM.) forests in the Chichibu Mountains, central Japan, with special reference to regeneration processes, Ecol. Res., 3: 101-116, 1988.
- 大久保達弘・丹羽 玲・梶 幹男・濱谷稔夫：秩父山地イヌブナ (*Fagus japonica* MAXIM.) 天然林における堅果落下量と実生の消長, 日生態会誌, 39: 17-26, 1989.
- 斎藤 晋・加藤徳重・百済弘胤・阿部光雄・香川宏一郎：ブナ林におけるブナの実生と落下種子の密度と分布, 群馬県立大学紀要, 4: 131-144, 1984.
- 斎藤秀樹：森林におけるリターフォール研究資料, 京都府大演報, 25: 78-89, 1981.
- 鈴木時夫・鈴木和子：日本海指数と瀬戸内指数, 日生態会誌, 20: 252-255, 1971.
- 遠山三樹夫：大室山のイヌブナ林—富士山の森林植生第 II 報一, 日生態会誌, 15: 139-142, 1965.
- 依田恭二：森林生態系の純生産「森林の生態学」, 72-119, 築地書館, 東京, 1971.
- 湯川淳一：ブナとイヌブナに虫えいを作るタマバエ類, 森林防疫, 40(11): 1-9, 1991.

(1991年10月2日受理)

Summary

1. In order to clarify the possibility of regeneration by seedlings the amounts of fallen nuts, cupules and litter and the survival of seedlings of Japanese beech (*Fagus japonica*) were studied in two sample plots (Fj-1 and Fj-2) of natural beech forests in the Chichibu Mountains, Central Japan, for three years (1988-1990).

2. The density of fallen nuts varied greatly from year to years from 943.93 ± 144.00 nuts/m² (1988) to 0.2 ± 0.21 nuts/m² (1989) in Fj-1 and from 907.11 ± 150.26 nuts/m² (1988) to 0.22 ± 0.29 nuts/m² (1989) in Fj-2. The figure in Fj-1 in 1988 was about three times higher than that of the former best mast year (OHKUBO *et al.* 1989). It was even higher than that of the highest record obtained in Siebold's beech (*Fagus crenata*) forests (KAMITANI *et al.* 1986).

3. In 1988, the percentages of sound, aborted, empty, insect-damaged and animal-damaged nuts to the total amount of fallen nuts were 60.8%, 12.0%, 11.9%, 7.7% and 7.7% in Fj-1 and 36.4%, 27.6%, 16.6%, 5.9% and 13.5% in Fj-2, respectively. Although the percentages of each of these categories of nut were different between the two plots, the percentages of sound nuts were the highest in both plots. The fall of sound nuts, as well as that of whole

nuts, began to increase from the beginning of October, and reached the highest peak at the end of October or the beginning of November. Mean daily amounts of fallen nuts in the peak period of the peak (Oct. 26th–Nov. 9th) were 36.7 nuts/m²/day (Fj-1) and 28.4 nuts/m²/day (Fj-2).

4. The sound nuts that fell in 1988 were subjected to a germination test under different temperature conditions (1°C, 10°C, 15°C, 20°C and 25°C) after cold stratification at 2°C for three months. They showed high germination rates of over 80% within a week under temperature conditions over 15°C. At 10°C, sixteen days were needed to attain to germination rates of over 80%. Even under the condition of 1°C, 64% of the nuts germinated within 60 days. These results show that Japanese beech nuts can germinate under a wide range of temperatures.

5. Severe glaze occurred in late February, 1989, and caused heavy damage to the natural beech forests, breaking 14.4 ton/ha of stems and branches in Fj-1. This glaze damage added lots of gaps in the canopy, 21.4% as a proportion of the total area of the canopy, and consequently the total area of gaps, including those that existed before the glaze damage, reached 27.1% of the plot area. As a result of this gap formation, mean relative light intensity at the forest floor increased to 21.7%, making the light conditions more favorable for the growth of beech seedlings.

6. In the following spring (1989), an average of 6.1 (Fj-1) and 1.3 (Fj-2) seedlings per 1.0 m² were observed in the plots, meaning that only 1.1% (Fj-1) and 0.4% (Fj-2) of the sound nuts could germinate and survive. This fact suggests that nearly 99% of the sound nuts had been eaten or carried away by various mammals, mainly the Japanese black bear (*Selenarctos thebetanus*), Japanese macaque (*Macaca fuscata*), Eurasian squirrel (*Sciurus vulgaris*) and the Old World wood rat (*Apodemis speciosus*), or they had lost their germination ability by the following spring.

7. The seedlings growing in the plot Fj-1 decreased because of the attack of moth larvae (*Quadralcristera punctatella*, *Clotois pennaris* etc.) and/or drought damage, but 1.1 seedlings per 1.0 m² still survived by the end of the following October. On the other hand, those in Fj-2 had died out by the end of August in 1989. It was supposed that these differences in mortality and survival period of seedlings between the two plots were caused by the differences in light conditions and vegetation cover on the floor in the plots.

8. A comparison of the density of fallen nuts and the survival of seedlings in the subsequent year in the plot Fj-1 between mast years 1984 (OHKUBO *et al.* 1989) and 1988 showed that the ratio of seedling density to sound nut density was nearly the same in both years. But the seedlings germinating in 1989 showed lower mortality and a longer period of survival than those in 1985. In terms of the differences of environmental conditions between the years, the following two facts can be pointed out, 1) infestation of aphids (*Phyllaphis fagi*) which caused heavy damage to the seedlings in 1985 (OHKUBO *et al.* 1989) did not occur in 1989, 2) the light conditions on the forest floor became more favorable for the growth of the seedlings because of the glaze damage in 1989.

9. The total litter fall in 1988 exceeded 3500 kg/m² in the two plots, while those in 1989 and 1990 were much less than it in both plots. This decrease in litter fall has to be attributed to the breakage of stems and branches by the glaze damage. The ratio of leaf fall to total litter fall exceeded 70% in 1989 and 1990. However, it was only 59.4% (Fj-1) and 65.9% (Fj-2) in 1988. A comparison of the amounts of leaf fall in Fj-1 in 1988 (mast year) and 1985 (lean year) (OHKUBO *et al.* 1989) showed that the former was only 64.3% of the latter. This fact agrees well with the results obtained from Siebold's beech (*Fagus crenata*) forest where the amount of leaf fall decreases greatly in mast years (KAWADA and MARU-

YAMA, 1986).

10. From the above results, the following was concluded. Successful regeneration of Japanese beech (*F. japonica*) by seedling, as well as regeneration by sprouting can be expected when seed germination and seedling generation after the mast years coincides with gap formation in the canopy.

Key words: Chichibu, Natural regeneration, Japanese beech, Nuts, Seedlings