

トチノキ林の再生産器官の生産量 —とくに花粉と種子について—

齋藤 秀樹・井坪 豊明*¹・神田 信行*²

小川 享*³・竹岡 政治

Production rates of reproductive parts in
Aesculus turbinata forests, with special reference
to pollen and seeds

HIDEKI SAITO, TOYOAKI ITSUBO, NOBUYUKI KANDA

TOHRU OGAWA and MASAJI TAKEOKA

要旨：大形種子をもつ樹種では再生産器官にどれほどの同化産物が流れるのか、虫媒花樹種は花粉が少ないのかなどを明らかにする目的で、京都府芦生のトチノキ2林分で6年間の調査を行なった。主な結果は次の通りである。

(1)花粉を含めた生産量合計は、豊作に2t/ha・yr, 平均1.2t/ha・yr程度, 0.5t/ha・yrが凶作の値である。合計値は他の樹種に比べて多くはないが、種子では多い部類にはいる。(2)乾物生産の配分は、凶作年(40%)を除くと、雌性に集中する(65~85%)。(3)雄花、両性花の開花数の年次変動は小さい。(4)雄花と両性花の性比には林分差があり、0.013~0.037と0.048~0.085である。(5)開花前の1雄花に含有する花粉量は246~321×10³個, 1.56~1.88 mgである。(6)1雄花の花粉量に林分開花数を掛けて推定した林分の花粉生産量は、年により5.29~12.7(平均9.13)×10¹²/ha・yr, 32.0~87.4(同55.9) kg/ha・yrになる。他の林分は、これらの値より20%少ない。(7)トチノキ林の花粉数は風媒花樹種にはほぼ等しいか、むしろ多い。(8)種子の豊作は両性花の多い年に起こる。高い結実率も豊作の原因の一つとなる。結実率は、例外の1年があるが、花粉数の多少と並行して推移する。胚珠1個の形成に準備された花粉数は1.3~3.2×10⁶, 他の林分はこの1/2である。

京都府立大学農学部造林学研究室

Laboratory of Silviculture, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Kyoto 606, Japan

*1 現在：京都府立東稜高等学校。*2 現在：滋賀県農林部造林課。*3 現在：京都府林業試験場夜久野分場。
本研究の一部は文部省科学研究費補助金(課題番号 58560154)によったものである。

平成2年8月7日受理

はじめに

トチノキ *Aesculus turbinata* BLUMEの種子は、重力散布型のなかでも大形に属するので、その乾物生産量は相当多いように思われる。トチノキの種子はクリ、ナラ類の種子とともに縄文・弥生時代の古代人の食糧であり、これら堅果による支持人口の試算もされている⁶⁾。飛騨地方の山間部では明治の初めにもこれら堅果は野生食品として収穫されていた⁶⁾。さらに生態系にあっては、各種動物の生活を支えていることはいままでのない。しかし、林分当たりの生産量を測定した例はほとんどみあたらない⁷⁾¹⁷⁾。

森林は純生産量のうちから、どの程度を再生産に分配しているのだろうか。これは森林の物質生産、再生産などを考えるうえで重要である。

トチノキの再生産器官の生産量については、齋藤⁷⁾が今回の調査林分の一つで、2年間のリターフォール調査をしたものと、鈴木ら¹⁷⁾による岩手県胆沢川流域での詳しい測定例が1990年に発表されているだけである。花粉生産は全く調査されていない。

筆者らは1980年～1985年において、トチノキ2林分の再生産器官の生産量(乾重と個数)をトラップ法で測定している。開花時に飛ぶ花粉についても調査した。本報告は、この調査資料を次の諸点についてとりまとめたものである：(1)花粉を含めた再生産器官部分の生産量、(2)その年次変動、(3)種子の生産量とその割合、(4)種子豊作に関する再生産部分、(5)花粉生産量。林分当たりの花粉数にあってはトチノキのように虫媒花樹種は風媒花樹種より一般に少ないといわれる¹⁸⁾。一方、花蜜の豊富な樹種には花粉の多い例が指摘されており¹⁾、これらも資料をもって考察した。

本調査林分は京都大学農学部芦生演習林の提供により行なった。現地調査では京都大学農学部川那辺三郎教授、ならびに芦生演習林教職員の方々に種々の便宜をはかっていただいた。ここに厚く御礼申し上げる。

調査林分

本調査林分は京都大学農学部芦生演習林(京都府北桑田郡美山町芦生)の下谷(池の平)および野田畑谷に所在するトチノキ林分である。前者の林分を林分I、後者のを林分Nと呼ぶことにする。ここは由良川の流域で、準平地地形をなしている。両林分はいずれも河畔の堆積地に成立したものであり、冷温帯下部に属するここの極相林の一つである。

本調査地の平均気温は10.5℃、WIは85℃・month、CIは-9℃・monthと推定され、年降水量は3,000mmにちかい¹⁶⁾。積雪期間は12月上旬から4月上旬までである。地質は秩父古生層に属し、基岩は粘板岩、砂岩、珪岩が多い。なお、調査林分の海拔高は670mである。

本調査林分は発達したトチノキの純林であり、林冠は閉鎖している。林分を構成するトチノキには幹直径が1m前後の大径木が多い(Table 1)。大径木の多くには直径5～15cmのツルアジサイが付着する。樹高は20～23mである。

下層について、DBHが5cm以上の下層木をみると、林分Iではスギ、ツリバナ、サワフタギなど、林分Nではイヌガヤ、オオモミジなどである。このほか林分Iの下層で優勢なのはヒメコマユミ、シダ類、草本類、林分Nではネマガリダケ、シダ類である。

樹齢は測定できなかった。しかし、林分Nの方が林分Iより若いと思う。

調査方法

林分1ha当たりのトチノキ再生産器官の生産量はトラップ法で測定した。花粉は開花によって四散するので、花の落下時には葯中に存在しない。そこで開花直前の花を採集して、この花試料1個に含まれる平均花粉量を測定し、これに林分の開花数を掛けて推定した。

調査を行なった年度は林分Iが1980年～1985年の6

Table 1. DBH (diameter at breast height) of *Aesculus turbinata* BLUME in and around the site arranged the litter traps

	Stand I (Ike-no-daira)	Stand N (Nodabata-dani)
Mean±S.D. (cm)	75 ± 34	73 ± 37
DBH: 150-200 cm	1 trees	0 trees
100-150	2	2
50-100	16	3
5-50	2	2

Table 2. Size and number of litter traps used at Stand I

Year	Area of mouth	No. of traps
1980	0.10m ² (32×32 cm)	10
1981—1983	0.50m ² (71×71 cm)	10
1984, 1985	0.25m ² (50×50 cm)	15

For Stand N, studied in 1981 to 1983.

年間、林分Nは1981年～1983年の3年間である。

リタートラップによる生産量調査

使用したリタートラップは正方形の木枠に、化学繊維製の寒冷紗（網目1mm）またはゴース（網目0.2mm）の袋（深さ45cm）をとりつけたものである。このようなトラップを各林分内に10個または15個、受け口を水平に、地上高70cmとして、ランダムに配置した。

トラップの大きさおよび設置個数は年によって違うのでTable 2にまとめてある。

最初に設置した10トラップの設置場所は、調査の期間中変更しなかった。寒冷紗の袋を使ったのは1981年～1983年、ゴースは1980年、1984年と1985年に用いた。なお、花から分離した葯が寒冷紗の網目を通過することはない。

トラップによる測定は、林分Iでは1980年4月15日～1985年11月26日まで、林分Nでは1981年4月17日～1983年11月24日まで行なった。トラップに入ったリターフォールの採集は、開花期は半月ごと、それ以外は1か月ごとにし、積雪期には融雪後の4月中旬にまとめて行なった。採集したリターから、次のトチノキ再生産器官部分を選別した：開花雄花、未開花の花（つぼみ）、未熟果実（子房が肥大した両性花を含む）、種子（見かけ上健全で成熟した）、殻斗片（成熟）、花軸・果軸。そして、これら各部分の乾重および個数を、トラップごとに測定した。乾燥は85℃で1～2日間十分に行ない、秤量には感量1mgの天秤を用いた。花軸および果軸の個数は、主軸（花序数）だけ測定した。

花試料の花粉量

開花前の適期に、林分I付近のトチノキから試料とする花序を採集した。採集日と試料を採集した樹木本数は次の通りである：1981年5月27日に5本、1982年5月20日に2本、1983年5月19日に3本、1984年5月31日に5本、1985年5月26日に5本。

樹木1本当たり10～20個の花序を選び、これらから花

粉数、花粉重および雄ずい数を測定するための試料をそれぞれランダムに抽出した。年によっては両性花を別に抽出した。花粉数測定の試料は50%酢酸液で固定し、その他の試料は冷蔵庫に保存して測定に用いた。

(1) 花粉数

花1個から葯（雄ずい）1個をとり、この葯中のすべての花粉をスライドグラス上の水滴中に流しだしてプレパラートを作成した。この花粉数を、メカニカルステージおよび接眼マイクロメータ付きの顕微鏡（100倍）を用いて測定した。試料数は樹木当たり2～15である。

雄ずい当たりの花粉数から花1個の花粉数を推定するために、雄花の雄ずい数を測定した。試料数は100または299である。

以上からえた1雄ずいの平均花粉数と1雄花の平均雄ずい数とを掛けて1雄花に含まれる平均花粉数を求めた。この計算は樹木ごとに行なった。（試料数の詳細はTable 4を参照）

(2) 花粉重

花粉重の測定方法は年度で異なる。1981年～1983年には、花粉放出の前と後の葯重の差から間接的に花粉重を求めた。1984年と1985年には感量0.01mgの天秤（ザルトリウス2024MP6）を用いて、花粉重を直接測定した。

間接法では、花粉放出の前と後の葯をそれぞれ200～300個とり、85℃で十分に乾燥してから室温で乾重を測定した。

直接法では、2個の葯中の花粉を1枚のホールスライドの水滴中に流しだし、同様に乾燥してから測定した。試料のとり方は、1～4個の花序から1～8個の花を、1花からは2葯をとった。（試料数の詳細はTable 5を参照）

雄花当たりの平均花粉重は、花粉数の場合と同様に求めてきた。

結果および考察

林分1 haの生産量(個数)

トチノキの開花雄花(*c*; Table 3の項目), 未開花の花(*b*), 未熟果実(*d*), 種子(*f*), 殻斗片(*e*), および花軸・果軸(*h*)について, トラップの平均値をTable 3に示す。殻斗片3個が両性花1個に相当するので, 殻斗片の個数から求めた両性花数に未熟果実数を加えて総両性花数(*g*)を推定した。なお, 種子は3個の殻斗片の中に1個以上含まれる。

Table 3. Numerical production of each component of reproductive parts, measured with litter traps ($\times 10^3/\text{ha}\cdot\text{yr}$)

(1) Stand I

Year	1980	1981	1982	1983	1984	1985	Mean
Male flowers (<i>a</i>)	—	25,976	30,108	40,152	31,347	51,845	(35,886)
Closed (<i>b</i>)	—	918	1,030	3,308	829	2,248	(1,667)
Open (<i>c</i>)	18,110	25,058	29,078	36,844	30,517	49,597	31,534
Hermaphrodite flowers							
Immature fruits (<i>d</i>)	369	902	932	646	384	592	638
Cupules fragments (<i>e</i>)	190	144	380	320	29.3	184	208
Mature nuts (<i>f</i>)	13	52	138	92	8.0	75	63
Total flowers (<i>g</i>)	432	950	1,059	753	394	653	707
Stalks, main (<i>h</i>)	54	166	110	198	136	245	152
Flowers, open (<i>i</i>)	18,542	26,008	30,137	37,597	30,911	50,251	32,241
Flowers, total (<i>j</i>)	—	26,926	31,167	40,905	31,740	52,499	(36,647)

(2) Stand N

Year	1980	1981	1982	1983	1984	1985	Mean
Male flowers (<i>a</i>)		19,696	22,282	33,083			25,020
Closed (<i>b</i>)		2,226	2,734	5,439			3,466
Open (<i>c</i>)		17,470	19,548	27,644			21,554
Hermaphrodite flowers							
Immature fruits (<i>d</i>)		814	1,700	1,558			1,357
Cupules fragments (<i>e</i>)		226	352	498			359
Mature nuts (<i>f</i>)		62	126	124			104
Total flowers (<i>g</i>)		889	1,817	1,724			1,477
Stalks, main (<i>h</i>)		102	74	144			107
Flowers, open (<i>i</i>)		18,359	21,365	29,368			23,031
Flowers, total (<i>j</i>)		20,585	24,099	34,807			26,497

b, before pollen release and pollen formation, partially including the buds of hermaphrodite flowers. *e*, three fragments of cupules are equivalent to one hermaphrodite flower.

i, without pollen. $a=b+c$. $g=d+e/3$. $i=c+g$. $j=c+g+b=a+g$.

(1) 落下の季節

トチノキ再生産器官の落下は, 部分によって時期は異なるが, 比較的短い期間に集中する傾向がある。

雄花は開花した5月下旬から落下が始まり, 6月の前半に大半が落下した。8月以降の落下は少ない(年間量の0.5%未満)。未開花の花の落下最盛期は開花したものと同じであったが, 5月後半にも落下が多い。

未熟果実の落下が集中する季節は, 年により違うけれども, 6月~8月前半までであり, 9月末で落下がほぼ終了している。成熟種子は9月に集中して落下し,

10月には少ない。穀斗も種子と同じ時期に落下した。

花序を構成する軸の落下は6月後半～7月前半と9月～10月の2回のピークがみられる。最初のピークは未熟果実のピークと、後のは種子のそれとそれぞれ落下時期が一致する。初めのピークは雄花だけまたは成熟する果実のなかった花序の花軸が落下したもので、後のピークは種子が落下してからの果軸と推定される。果軸は11月にも少量落下するが、12月以降の落下は認められなかった。

以上のように本調査林分のトチノキの再生産器官の落下は、開葉後の5月後半～11月末の期間である。

(2) トラップ間での落下量のばらつき

各部分の落下数はトラップ間でばらつきが大きい(Appendix 1)。落下数が多くて均質に落下すると思われる開花雄花でも、変動係数は0.2～0.9の範囲にある。同じ測定方法(採集口の大きさと設置数)でも、年によって変動係数は変わる。例えば落下数の多い1983年のそれは1981年や1982年の1/2(林分I)または1/3(林分N)の値である。1984年と1985年の関係も同様である。種子の変動係数は大きく、しかも0.6～2.8の広範囲にあり、使用トラップの違いとの間には傾向的な関係はみられない。以上のようにトラップ間のばらつきは大きく、しかも年により変動するけれども、トラップの違いに原因すると明確には指摘できない(後述するが、測定値の内容を検討すると、1980年にはトラップの大きさが小さいための影響がみられる)。

(3) 年次変動

トチノキ林の再生産器官の生産の特徴として、開花数の年次変動の小さいことがあげられる。林分Iでの6年間の変動は、最大値/最小値の比で、雄花も両性花も2.6である。1981年～1985年の5年間に限れば、この比は2.0に縮小する。林分Nでの3年間の比は雄花が1.6、両性花2.0である。

このような開花数の年次変動の大きさは、スギ林(4～6年間調査で最大値/最小値の比が20～87)¹⁰⁾やヒノキ林(3年間で同13)¹⁰⁾に比較して著しく小さい。トチノキ林の変動にちかい樹種にはオニグルミ若齢林(4年間で同2.8)⁸⁾、ミズナラ老齢林(5年間で同2.5)¹⁰⁾があり、さらに変動が小さいアカマツ若齢林(5年間で同1.7)¹⁵⁾がある。オニグルミとミズナラの種子はトチノキと同様に重力散布型であるが、アカマツは風媒である。

(4) 雄花と両性花の割合

ここでは林分Iと林分Nとの間にみられる、雄花数(c)と両性花数(g)の割合の違いについて述べる。

開花雄花数の調査期間の平均値は、林分Iの方が林分Nより多い。林分Nの調査期間である1981年～1983

年に限ってみても、林分Iの平均値($30,327 \times 10^3 / \text{ha} \cdot \text{yr}$)は林分Nの値を40%も上回っている。一方、両性花については、逆に林分Nの方が林分I(同期間の平均 $921 \times 10^3 / \text{ha} \cdot \text{yr}$)を30%上回った。種子数ではほとんど変わらない(林分Iの同平均 $94 \times 10^3 / \text{ha} \cdot \text{yr}$)。換言すれば、林分Iの性比は0.013～0.037、林分Nは0.048～0.085で、林分Nでは雌性が優越する。

筆者ら¹²⁾はミズナラ老齢林で、東向き斜面と西向き斜面の林分では、雄花序と雌花の数比が逆になっている例を報告した。今回のトチノキ両林分の関係は、このミズナラの場合に一致する。ちなみに、林分Iは東西方向の谷川沿いに、林分Nは南北方向の谷川に沿っていた。また、ミズナラの若齢林では老齢林に比べて雌性に偏っている¹⁰⁾。林分による雄性か雌性への偏りの原因については、今後の資料を待たなければならない。

(5) 未開花数

雄花のなかで未開花で落下した花(b; 大半は雄花であろう)の割合は、林分Iが2.6～8.2%(平均4.4%)、林分Nが11～16%(平均13%)である(Appendix 2)。この違いは両林分の風当りの差と考えられる。

開花雄花(c)、未開花の花(b)、および両性花(g)の個数を加えた総花数(j)を花序の軸数(h)で割って、1花序当たりの平均花数を求めたところ、年による違いはあるが、林分Iが平均220花、林分Nが同260花となった(Appendix 2)。開花初期の花序を採集して測定したところ、1980年および1985年の平均花数は280～389の範囲にある(Appendix 3)。落下数から求めた値は、花試料の値より少ない。故に、先に示した未開花数の割合は過小値の心配がある。

花試料の花粉量

(1) 個数

葯1個に含まれる花粉数に1花の雄ずい数を掛けて花1個の花粉数を推定したのがTable 4である。Table 4の標準偏差は葯間の違いを表わしており、同一樹木からとった花試料では変動係数は0.08～0.15の範囲と小さかった。この変動係数は、1花を構成する全部の葯の間にみられる花粉重(葯当たり)のそれ(0.04～0.18)に一致する(Appendix 4)。

同一樹木では、1葯中の花粉数のばらつきは小さいが、樹木間での違いは大きい。花試料をとった樹木本数の多い1984年と1985年には、花粉数の少ない樹木がみられ、葯当たり24,500粒が最小で、最大値41,500粒との間には大きなひらきがある。

両性花の花粉数は雄花の値より小さい傾向があるが、試料数が少なく断定できない。

Table 4で、雄花1個の花粉数を推定した。樹木ごとに計算した1花の花粉数は $171 \sim 358 \times 10^3$ となった。

Table 4. Number of pollen grains per anther and per male flower

Tree No.	Per anther		Per male flower	
	Male flowers	Herm. flowers	No. of anthers ^a	Pollen ^b ($\times 10^3$)
(1) The 1982 flowers				
1	(8) 49,400 \pm 4,070	—	7.0	346
2	(15) 43,600 \pm 4,900	—	7.0	305
Mean	46,500	—	—	326
(2) The 1983 flowers				
1	(6) 46,900 \pm 7,220	—	7.6 \pm 0.5	358
2	(6) 45,400 \pm 3,780	—	7.0 \pm 0.2	317
3	(6) 39,700 \pm 6,000	—	7.0 \pm 0.2	277
Mean	44,000	—	—	317
(3) The 1984 flowers				
1	(6) 40,200 \pm 2,390	—	7.0	281
2	(6) 39,700 \pm 5,790	(6) 37,400 \pm 4,320	7.0	278
3	(6) 39,000 \pm 6,660	—	7.0	273
4	(6) 32,100 \pm 3,410	—	7.0	225
5	(6) 24,500 \pm 2,870	(2) 21,700	7.0	171
Mean	35,100	29,500	—	246
(4) The 1985 flowers				
1	(8) 41,500 \pm 4,490	(2) 32,300	7.0	291
2	(8) 40,400 \pm 3,820	(2) 39,700	7.0	283
3	(8) 36,900 \pm 2,780	(2) 36,900	7.0	258
4	(8) 35,800 \pm 3,070	(2) 24,800	7.0	250
5	(8) 26,600 \pm 4,570	(2) 28,700	7.0	186
Mean	36,200	32,500	—	254

Figures represent mean values with standard deviation. (), number of sampled anthers, in which one anther was taken from one flower. ^a, numbers of sampled flowers are one hundred (mean number of anthers of the 1981 flowers is 6.9 ± 0.3 for 299 flowers sampled). ^b, from the multiplication of mean number of pollen per anther by that of anthers per male flowers.

この樹木差は、1花の雄ずい数が1983年の1樹木の例外を除いてすべてが7であったことから、1葯中の花粉数の大小によって決まる。

年ごとに平均すると1花の花粉数は $246 \sim 326 \times 10^3$ で、大きな違いはなかった。

(2) 重量

Table 5は葯1個の花粉重から雄花1個の花粉重を推定したもので、1981年～1983年は間接法で、1984年と1985年は直接法で測定している (Table 5(1), (2))。

葯2個の花粉を1試料として測定したときの変動係数は小さい (0.05～0.18)。しかし、樹木別の平均値間の違いは大きい (0.193～0.285 mg)。

雄花1個の花粉重にも樹木別平均値に1.5倍の違い

がみられる (1.35～2.04 mg)。年ごとに平均すると1.55～1.88 mgの範囲に縮小する。以上の傾向は、前述の花粉数の場合と一致する。

今回の花粉重は二つの方法で測定しているが、これに原因すると思われる違いは見当たらない。

両性花につく葯1個の花粉重は雄花の値より小さいものが多いが、試料数が少なく断定できない。

葯1個の平均花粉重を同花粉数で割れば花粉1粒の平均重量が求められる (Appendix 5)。樹木別の平均値は $5.70 \sim 8.29 \times 10^{-6}$ mgであった。1984と1985年には、樹木No.5だけが重い花粉をもっている。この樹木は1葯中の花粉数が他の樹木より少ない (Table 4参照)。

Table 5. Dry weight of pollen per anther and per male flower (mg)

(1) In 1981, 1982, and 1983. Pollen weight was estimated from the difference between the mean weights of anthers with and without pollen.

Tree No.	Mean weight of anthers		Pollen weight per anther ($c=a-b$)	Pollen weight per m. flower (d)
	With pollen (a)	Without pollen (b)		
(1) The 1981 flowers				
1 - 5	0.420*	0.195**	0.225 (54%)	1.55
(2) The 1982 flowers				
1, 2	0.420	0.152	0.268 (62%)	1.88
(3) The 1983 flowers				
1	0.434	0.167	0.267 (62%)	2.04
2	0.419	0.146	0.273 (65%)	1.91
3	0.390	0.146	0.244 (63%)	1.70
Mean			0.261	1.88

(), pollen content ($=100 \times c/a$). Numbers of sampled anthers except asterisks (*, 281 anthers. **, 300 anthers) are two hundred.

d , from the multiplication of mean pollen weight per anther (c) by mean number of anthers per male flower (see Table 4).

Table 5. (continued) (2) In 1984 and 1985. Total pollen weight in two anthers taken from one flower was measured with a balancer (Sartorius 2024 MP6; sensibility: 0.01 mg)

Tree No.	Per anther				Per male flower Pollen (d)
	Male flowers (c)		Hermaphrodite flowers		
(1) The 1984 flowers					
1	(2×5×2)	0.238 ± 0.027	—	—	1.67
2	(2×5×4)	0.234 ± 0.042	(2×5×2)	0.255 ± 0.017	1.64
3	(2×5×2)	0.257 ± 0.032	—	—	1.80
4	(2×5×5)	0.195 ± 0.033	—	—	1.36
5	(2×5×2)	0.193 ± 0.026	(2×1×1)	0.180	1.35
Mean		0.223		0.217	1.56
(2) The 1985 flowers					
1	(2×7×2)	0.276 ± 0.014	(2×4×2)	0.216 ± 0.013	1.93
2	(2×7×2)	0.285 ± 0.016	(2×4×2)	0.243 ± 0.046	2.00
3	(2×7×2)	0.259 ± 0.013	(2×4×2)	0.206 ± 0.039	1.82
4	(2×7×2)	0.208 ± 0.023	(2×4×2)	0.179 ± 0.006	1.46
5	(2×7×2)	0.214 ± 0.030	(2×4×2)	0.188 ± 0.012	1.49
Mean		0.249		0.206	1.74

(), numbers of anthers or stamens, which are shown by the multiplication of sample numbers of anthers, flowers, and panicles in turn.

林分1 haの花粉生産量

開花前の雄花1個に含有する平均花粉量と林分1 haの開花数を掛けて林分の花粉生産量を推定したのがTable 6である。両性花の花粉量には雄花の値を用いた。花試料を採集しなかった1980年と1981年(花粉数だけ)には、4年間(または5年間)の平均値を使った。

今回調査したトチノキ林分Iの花粉生産量は、個数で5.29~12.7(平均9.13) $\times 10^{12}$ /ha \cdot yr, 重量で32.0~87.4(平均55.9) kg/ha \cdot yrであった。これらの値の年次変動は、花粉生産の推定法から、開花数に対応する。林分Nの値(平均7.17 $\times 10^{12}$ /ha \cdot yr; 同41.3kg/ha \cdot yr)は林分Iより20%少ない。

今回の個数での値を他の樹種と比較するとオニグルミ若齢林(2.5~7.1 $\times 10^{12}$ /ha \cdot yr)⁸⁾, ミズナラ老齢林(2.8~7.9 $\times 10^{12}$ /ha \cdot yr)¹⁰⁾, アカマツ若齢林(4.4~7.6 $\times 10^{12}$ /ha \cdot yr)¹⁵⁾の値に比較して多い。一方、開花数の年次変動の大きいスギ林(0.43~49 $\times 10^{12}$ /ha \cdot yr)¹⁶⁾, ヒノキ壮齢林(2.6~37 $\times 10^{12}$ /ha \cdot yr)¹⁴⁾の値に比較して少ない傾向があり、ことに最大値が著しく少ない。調査期間が異なるけれども、調査期間の平均値でみると、トチノキはスギ4林分(3~6年間調査で3.8~12 $\times 10^{12}$ /ha \cdot yr)¹⁶⁾やヒノキ林分(同3年間で18 $\times 10^{12}$ /ha \cdot yr)¹⁴⁾と大差がない。

虫媒花のトチノキの花粉数は、林分1 ha当たりで比較すると風媒花樹種の値の範囲内にある。しかし、虫媒花のシイ5林分では、1982年に5.3~260(平均140) $\times 10^{12}$ /ha \cdot yr, 1983年に5.6~55(平均25) $\times 10^{12}$ /ha \cdot yrという花粉数が報告されている¹¹⁾。短い調査年数を考慮しても、シイの方がトチノキより生産量が多いと推定される。少なくとも以上の資料から、虫媒樹種の林分花粉数が風媒のものより少ない¹¹⁾という結論はでない。

余剰花粉が花に小動物を誘引する役目をするのであれば¹⁾, 花粉は食糧であり、この意味では重量での花粉生産をさしている。しかし、トチノキ林の値はオオバヤシャブシ林(21~30 kg/ha \cdot yr)⁹⁾よりは多いけれども、前述の数樹種のなかで最も少ないミズナラ林(11~84 kg/ha \cdot yr)¹⁰⁾¹²⁾と大略一致し、少ない部類にはいる。

乾重での花粉生産量は、花粉数のほかに遺伝要素の大きい花粉粒の大きさにも左右される。

林分1 haの乾物生産量

(1) 合計生産量

トラップ法で測定した再生産器官各部の乾物生産量に、先に推定した花粉生産量を加えて調査林分の合計生産量を求めたのがTable 7である。

Table 6. Estimation of pollen production rates in stands

(1) Stand I

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	Mean
Pollen per male flower sampled							
Number ($\times 10^3$) (a)	(286)	(286)	326	317	246	254	286
Weight (mg) (b)	(1.72)	1.55	1.88	1.88	1.56	1.74	1.72
Total number of open male and hermaphrodite flowers produced in stand ($\times 10^6$ /ha \cdot yr) (c)							
	18,542	26,008	30,137	37,597	30,911	50,251	
Pollen production in stand							
Number ($\times 10^{12}$ /ha \cdot yr) (d)	5.29	7.43	9.81	11.9	7.59	12.7	9.13
Weight (kg/ha \cdot yr) (e)	32.0	40.4	56.5	70.8	48.3	87.4	55.9

(2) Stand N

Total number of open male and hermaphrodite flowers produced in stand ($\times 10^6$ /ha \cdot yr) (c)							
		18,359	21,365	29,368			
Pollen production in stand							
Number ($\times 10^{12}$ /ha \cdot yr) (d)		5.24	6.96	9.32			7.17
Weight (kg/ha \cdot yr) (e)		28.5	40.1	55.3			41.3

$d=a \times c$. $e=b \times c$. a , see Table 4. b , see Table 5. c , see Table 3.

Table 7. Dry-matter production of each component of the reproductive parts (kg/ha·yr)

(1) Stand I

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	Mean
Male flowers	166.2	252.2	296.1	530.2	297.9	522.7	344.2
Closed	—	4.2	3.1	13.4	2.6	11.6	(7.0)
Open	134.3*	207.6	236.5	446.0	247.0	423.8	282.5
Pollen ^a	32.0	40.4	56.5	70.8	48.3	87.4	55.9
Hermaphrodite flowers							
Immature fruits	28.9	154.8	132.2	81.9	43.0	58.7	83.2
Mature cupules	178.8	156.0	421.8	353.8	30.6	222.5	227.3
Mature nuts	85.1	395.5	748.7	601.6	54.5	449.7	389.2
Total	292.8	706.2	1,302.6	1,037.3	128.0	731.0	699.7
Stalks ^b	64.8	167.6	122.3	189.8	89.5	170.2	134.0
Total	523.8	1,126.1	1,721.0	1,757.3	515.5	1,423.9	1,177.9

(2) Stand N

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	Mean
Male flowers		166.2	188.1	357.3			237.2
Closed		6.5	6.9	12.2			8.6
Open		131.2	141.1	290.0			187.4
Pollen ^a		28.5	40.1	55.3			41.3
Hermaphrodite flowers							
Immature fruits		139.0	273.4	164.4			192.3
Mature cupules		202.6	334.3	427.3			321.4
Mature nuts		383.9	570.5	745.4			566.6
Total		725.5	1,178.3	1,337.2			1,080.3
Stalks ^b		121.3	137.1	220.6			159.6
Total		1,013.0	1,503.4	1,915.0			1,477.2

a, see Table 6. b, main and lateral stalks. *, including closed male flowers.

合計生産量は林分Iが515.5~1,757.3 (平均1,177.9) kg/ha·yr, 林分Nが1,013.0~1,915.0 (平均1,477.2) kg/ha·yrの範囲にある。これから, トチノキ林では豊作年に2t/ha·yrちかい同化産物が再生産器官に流れることがわかった。

本調査林分Iでは, 以前に齋藤⁷⁾が花粉以外の再生産器官の落下量を測定している。これによると1974年には1,257 kg/ha·yr, 1975は1,344 kg/ha·yrで, これらは今回の値の範囲内にはいる。この資料を加えると, 林分Iの平均値は約1.2t/ha·yr, 年次変動は大きくなく, 0.5t/ha·yr前後が凶作で, 凶作は4年に1度程度訪れると考えられる。

今回の2林分間で合計生産量を比較すると, 大きな違いはない。両林分に共通の1981年~1983年の平均値で比較すれば, 合計値は若干林分Iの方が多く, 両性花に由来する部分ではほぼ一致し, 花粉を含む雄花は林分Iの方が多(林分Iの同期間の平均値は, 順に1,533.2, 1,015.4, 359.4 kg/ha·yr)。

重力散布型種子をもつ他の樹種と比較すると, 豊作年であっても合計生産量は決してトチノキは多い部類には入らないのではないかと。今回と同じ調査地のオングルミ若齢林⁸⁾, ミズナラの若齢および老齢林¹⁰⁾¹²⁾, コナラ老齢林¹³⁾の最大生産量は750 kg/ha·yrで, これらに比較すればトチノキは3倍ちかく多い。一方,

同調査地のブナの豊作には3,252 kg/ha・yr (筆者ら, 未発表) を記録している。

また, ブナ天然林での例として, 再生産器官の落下量 (花粉を含まない) が3,620 kg/ha・yr³⁾, 2,571 kg/ha・yr⁴⁾ などトチノキを越えるものもある。他に2年間の調査であるが, 暖温帯のシイ5林分の資料¹⁾では1,500 kg/ha・yrの値は小さい方で, 多い年や林分によっては3,000 kg/ha・yrにちかく, 老齡林で5,480 kg/ha・yrという記録もある。亜熱帯のギンナム林で2.971 t/ha・yrの落下量が報告されている⁵⁾。

(2) 種子生産量

種子だけについてみると, トチノキの生産量は多い部類にはいると思われる。Table 7 に示すように凶作年以外は400 kg/ha・yrを越え, このような生産量の年は6年間の調査のうちで4年もある。豊作年には両林分とも750 kg/ha・yrに達する。先の同調査地のオニグルミ, ミズナラ, コナラの各林分は最大値は335 kg/ha・yrであり, ブナ林では891 kg/ha・yr (筆者ら, 未発表) であった。別のブナ林でも861 kg/ha・yr³⁾である。ブナはトチノキより少し多い程度である。シイ林では種子だけの測定は行なっていないが¹⁾, その後の継続調査からみると, トチノキよ

り多そうである。

これに対し風媒種子のオオバヤシャブシ幼齡林では, 種子生産に流れる同化産物は少なく (30kg/ha・yr前後)⁹⁾, 凶作年のトチノキとほぼ一致し, 豊作年には1/25前後にあたる。

(3) 各部分への配分

再生産器官全体の生産量に占める各部分の割合を年ごとにFig. 1 に示す。

開花雄花と花粉と未開花の花を加えた雄性部分の占める割合は, 林分Iでは17~58 (平均33) %の広い範囲で変動した。凶作の1984年には, 雄性部分の割合が高くなった。一方, 林分Nでは2倍ちかい生産量に違いがあるにもかかわらず雄性部分の割合はほとんど変動していない (13~19%)。林分Nと同じ期間に限れば林分Iの雄性部分の割合も小差である (17~30%)。このような3年間の両林分の結果から推測すれば, 林分Nでも6年間の調査をしておれば, この割合は林分Iと同じように変動するのではないか。

林分Iと林分Nの乾物生産の分配の違いについては, 前述の個数生産での違いから予想できるように, 林分Iは雄性部分が多い傾向がある。

花粉の割合は3~10%の範囲で変わる。

種子は, 豊作年には30~40%, 凶作年10%程度であっ

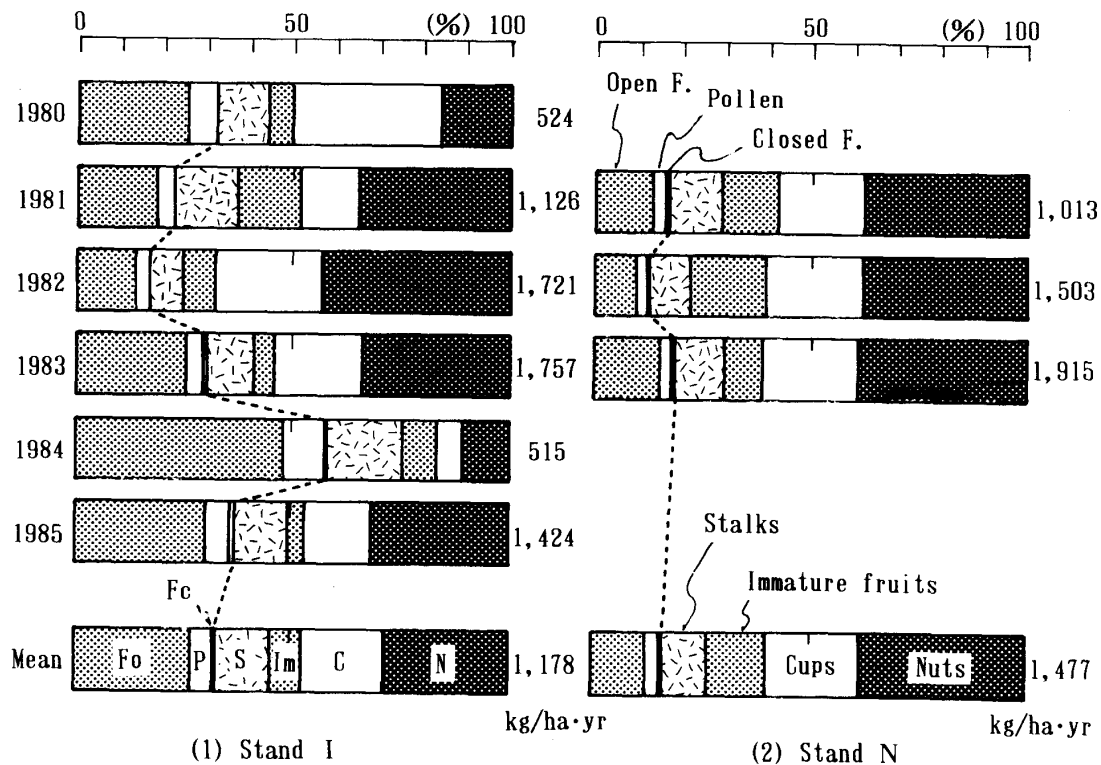


Fig. 1. Distribution of dry-matter production among components of reproductive parts (total=100%)

Figures represent annual production rates of total reproductive parts.

た。殻斗は種子割合の1/2で；豊作年15~20%，凶作年5%程度である。しかし，林分Iの1980年には種子と殻斗の量比が逆転しており，殻斗が2倍以上を占める。この年はトラップの採集口が小さかったため，これが原因かもしれない。

未熟果実の割合は5~20%である。花軸および果軸については，10~15%と差は小さく，また種子の豊凶との間にも関係がない。

トチノキの種子生産が合計生産量に占める割合を豊作年についてみると，重力散布種子をもつオニグルミ，ミズナラ，コナラの場合⁸⁾¹⁰⁾¹²⁾¹³⁾とはほぼ一致する。風散布型では，オオバヤシャブシ林の種子3~4%⁹⁾と比較して著しい違いで，トチノキの1/10以下にすぎない。**種子生産について**

(1) 種子の豊凶

成熟種子の個数は $8.0 \sim 138 \times 10^3 / \text{ha} \cdot \text{yr}$ という大きな範囲で変動した。種子数(N)の多少は，両性花数(Hf)自体と両性花に対する種子の数比(N/Hf；結実率と呼ぶ)とによって決まる。すなわち，

$$N = Hf \cdot (N/Hf) \quad (1)$$

種子数の年次変動に並行して両性花数や結実率(Nには殻斗片数の1/3をあてた)が推移するかどうかを確かめるためにFig. 2をえがいた。この図から，林分Iで種子数と最もよく対応して変動するのが両性花数である。林分Nでも種子数と両性花数とはほぼ並行して変動する。結実率については，林分Nでは6.9~9.6%の小さな変動しかなくて，種子数とは対応していない。故に，林分Nの種子豊凶は両性花数の多少で決まると考えてよい。

一方，林分Iの結実率は2.5~14%の広い範囲で変動する。この変動は，1982年から1983年への変動を除外すると，種子数のそれと対応している(ただし，1980年の結実率は殻斗片数からではなく，種子数を用いた。Appendix 2参照)。1982~1983年での二要因の変動は逆関係であり，この期間では両性花数の影響が優越する。故に，林分Iの種子生産も両性花数の多少に依存しているが，年によって結実率も関与することがわかった。

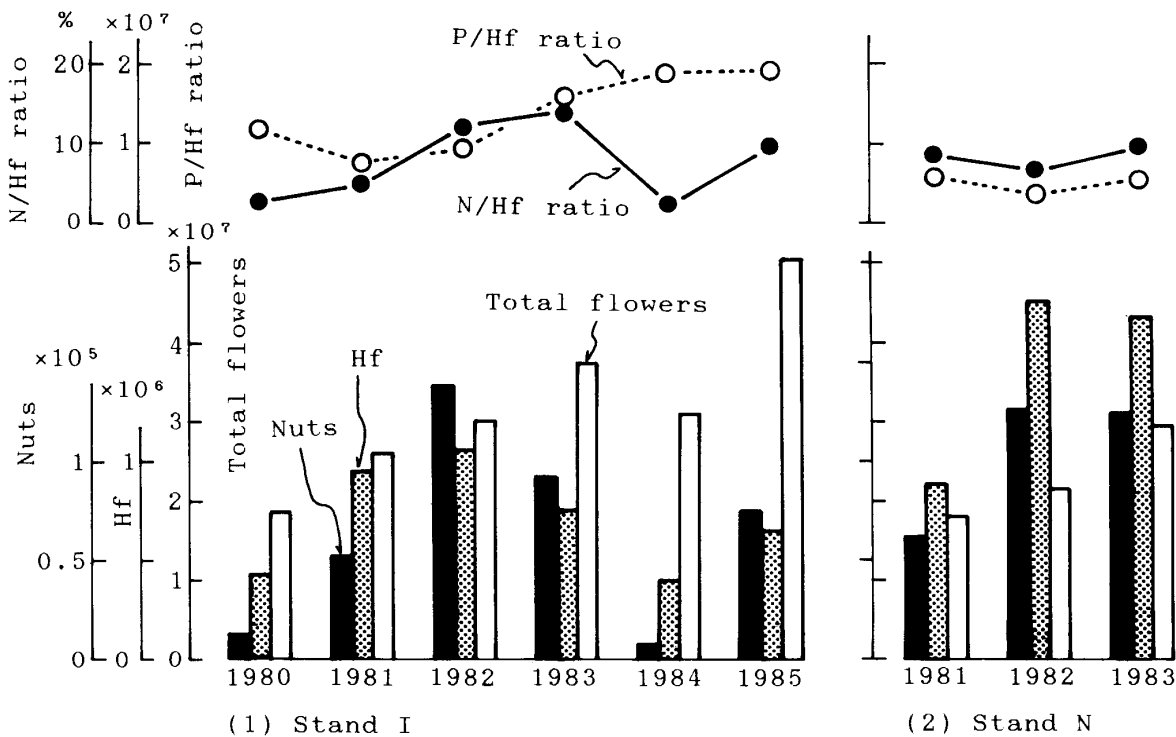


Fig. 2. Yearly fluctuation of production rates (by number) of nuts, hermaphrodite flowers, and total open flowers (lower), and that of the ratio of nuts to hermaphrodite flowers (N/Hf ratio), and the ratio of pollen grains to hermaphrodite flowers (P/Hf ratio) (upper) (cf. Appendix 2)

(2) 結実率と花粉生産

両性花数に対する花粉数の比 (P/Hf比) とN/Hf比の年次変動をみると (Fig. 2), 林分Iの調査期間前半および林分Nにおいては並行した推移を示す。これは結実率の上昇に花粉生産が関係することを表わしている。

しかし、林分Iの同後半にはP/Hf比とN/Hf比とは無関係のようにみえる。これは1984年に、P/Hf比が高いのにN/Hf比が小さく、種子凶作となったことによる。この年の多量の花粉生産は結実率の上昇に結びつかず、少量の両性花のため凶作となっている。1984年の凶作は両性花の側に問題があると考えられる。

両林分のP/Hf比を比較すると2~3倍の違いがあるにもかかわらず結実率 (N/Hf比) には大差がない。これから、花粉生産には相当量の余剰があると推定される。これと同じ事例が、斜面方位の異なるミズナラ林で報告されている¹²⁾。

多数の植物図鑑から、トチノキの子房は3室、各室には胚珠が2個ある。故に、両性花は計6個の胚珠をもっている。そこで1胚珠に準備された花粉数 (P/O比) を求めると林分Iが13~32 (平均23) $\times 10^5$, 林分Nが6.4~9.8 (同8.4) $\times 10^5$ と小さな範囲の値であった (Appendix 2)。

筆者らの既往の資料についてP/O比を計算して樹種間で比較すると、数値のばらつきは大きく、また出現幅も広い。しかし、巨視的にみると、オニグルミ (1,400~4,300 $\times 10^5$)⁸⁾以外は大差がない。ちなみに、ミズナラ (1.6~11 $\times 10^5$)¹⁰⁾¹²⁾, コナラ (4.4~8.5 $\times 10^5$)¹³⁾, シイ (6.0~17 $\times 10^5$)¹¹⁾, ヒノキ (1.2~5.8 $\times 10^5$)¹⁴⁾, スギ (3.4~61 $\times 10^5$)¹⁶⁾である。ヒノキとスギは胚珠の代わりに種子当たりで推定したので実際のP/O比より過大になる。スギの大きな値は1981年の凶作のときで¹⁶⁾, これらを除くと3.4~19 $\times 10^5$ であった。

おわりに

全データの比較の際に例外となった1984年を取りあげると、今後詳細な調査が必要になる。この年は開花数が多いにもかかわらず両性花数が少なく、種子が凶作となった。これは花芽の分化が気象要因だけに影響されると考えたとき、花序 (花芽) の分化期と雄花や両性花の分化期とが異なることを示している。また、花粉数には余剰があると述べたが、この傾向が最も著しい1984年に、結実率が最低値を示した。これは両性花の成熟度 (稔性) に関係することではないか。すなわち、退化雌ずいをもつトチノキでは、全ての両性花の雌ずいの退化程度が同じではない (退化が連続している) と考えられる。

今回の調査結果と比較できる資料が少ないので、トチノキ林が他の樹種と比較してどのように違うかを明確に書けなかった。今後同じ方法による調査資料を蓄積して、樹種別の性質をはっきりさせたい。

引用文献

- 1) FAEGRI, K., IVERSEN, J. and WATERBOLK, H. T. (1964): Textbook of pollen analysis (2nd ed.). Scandinavian University Book, Munksgaard, p.237.
- 2) 神田信行 (1981): 落葉広葉樹林の生殖器官生産量の研究, コナラ, ミズナラ, およびトチノキ林について. 京都府立大学農学部林学科卒業論文, p. 85.
- 3) 河田 弘・丸山幸平 (1986): ブナ天然林の結実がリターフォール量およびその養分量に及ぼす影響. 日生態会誌, 36, 3-10.
- 4) KAWAGUCHI, H. and YODA, K. (1989): Carbon-cycling changes during regeneration of a deciduous broadleaf forest after clear-cutting. II. Aboveground net production. Ecol. Res., 4, 271-286.
- 5) KIMURA, M., FUNAKOSHI, M., SUDO, S., KIMURA, W., YAMAMURA, Y. and HONMA, S. (1984): Litter-fall and reproductive seasonalities in a *Leucaena leucocephala* forest at Chichijima, Ogasawara (Bonin) Islands. Bot. Mag. Tokyo, 97: 447-455.
- 6) 小山修三 (1984): 縄文時代. 中公新書, 東京, p.206.
- 7) 齋藤秀樹 (1981): 森林におけるリターフォール研究資料. 京都府大演習林報, 25, 78-89.
- 8) — (1986): オニグルミ林の花粉生産速度. 京都府大学報・農, 38, 7-16.
- 9) — (1990): 残土処理場に成立したオオバヤシャブシ幼齢群落の乾物生産の特徴—とくに繁殖器官について—. 日林誌, 72, 208-215.
- 10) —・今井英行・中口 努・久後地平・川瀬博隆・竹岡政治 (1989): 林齢の異なるミズナラ林における雄花, 花粉, 雌花及び種子生産の比較. 京都府大学報・農, 41, 46-58.
- 11) —・井坪豊明・竹岡政治 (1987): シイ林における生殖器官各部の生産量と種子生産に影響する要因. 京都府大学報・農, 39, 26-39.
- 12) —・川瀬博隆・竹岡政治 (1988): 東向き及び西向き斜面のミズナラ老齢林における花粉, 雌花及び種子生産の比較. 京都府大学報・農, 40, 39-47.
- 13) —・中口 努・久後地平・川瀬博隆・竹岡政治 (1987): コナラ成熟林における繁殖器官各部の乾物生産と種子生産における花粉粒及びめ花数の関係.

- 京都府大学報・農, 39, 40-48.
- 14) —・竹岡政治 (1983) : 壮齡ヒノキ人工林の花
粉生産量. 日生態会誌, 33, 365-373.
- 15) — (SATO, H.)・— (TAKEOKA, M.) (1985):
Pollen production rates in a young Japanese
red pine forest. Jap. J. Ecol., 35, 67-76.
- 16) —・— (1987) : 裏日本系スギ林の生殖器官
生産量および花粉と種子生産の関係. 日生態会誌,
37, 183-195.
- 17) 鈴木和次郎・大住克博・石川 実 (1990) : トチ
ノキの繁殖特性. 101回日林会大会講演要旨 (1012)
- 18) SPURR, S. H. and BARNES, B. V. (1980): For-
est Ecology (3rd ed.). John Wiley & Sons,
NY, p.687.

Summary

To determine the amount of photosynthates flowing to reproductive parts in trees bearing large and heavy seeds and whether insect-pollinated trees produce less pollen than wind-pollinated trees, a six-year study was done in two horse chestnut (*Aesculus turbinata* BLUME) forests at Ashiu, Kyoto prefecture. The main results were as follows.

(1) Annual production rates of all reproductive parts were 2 t/ha·yr for a mast year, about 1.2 t/ha·yr on average, and 0.5 t/ha·yr for poor fruiting. The production rates for horse chestnut were not as high as the values for other trees such as beech and chinquapin. In terms of seeds alone, horse chestnut appears to be one of the most productive trees.

(2) Dry-matter production was concentrated on female parts (65-85%) derived from

hermaphrodite flowers, except in poor crop years (40%).

(3) Small annual fluctuations in the numbers of both male and hermaphrodite flowers were recognized.

(4) There were differences between stands in the sex ratio (ratio of number of hermaphrodite flowers to total), being 0.013-0.037 for one stand and 0.048-0.085 for the other.

(5) Flowers before anthesis had 246-321 × 10³ pollen grains and a weight of 1.56-1.88 mg.

(6) Pollen production rates estimated by multiplication of the total number of flowers produced in a 1-ha stand by the amount of pollen per flower before anthesis were in the range of 5.29-12.7 (mean: 9.13) × 10¹² grains/ha·yr and 32.0-87.4 (mean: 55.9) kg/ha·yr. The other stand produced 20% less than these values.

(7) Numbers of pollen grains produced by insect-pollinated horse chestnut were approximately equal to or more than those of wind-pollinated trees.

(8) Mast fruiting occurred in years of good hermaphrodite flower crop, and was partly brought about by high seed-maturing ratios (numerical ratio of mature seeds to hermaphrodite flowers). Year-to-year trends in seed-maturing ratios paralleled pollen production, except in one year. Numbers of pollen grains scattered per ovule or ratios of pollen grains to ovules were in the range of 1.3-3.2 × 10⁶ for one stand and half of this value for the other.

Appendix 1. Coefficient of variation (C.V.) among litter traps for each component of the reproductive parts (by number)

(1) Stand I

Year	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Male flowers, closed	—	0.707	0.730	0.459	0.773	0.384
Male flowers, open	0.933	0.639	0.639	0.340	0.248	0.177
Immature fruits	1.53 <i>1.98</i>	1.07 <i>0.966</i>	0.849 <i>0.911</i>	0.981 <i>1.24</i>	0.732 <i>0.983</i>	0.857 <i>0.966</i>
Cupule fragments	— <i>1.49</i>	— <i>0.638</i>	1.03 <i>1.09</i>	0.696 <i>0.798</i>	2.16 <i>1.93</i>	0.914 <i>0.883</i>
Mature nuts	— <i>1.96</i>	0.608 <i>0.663</i>	1.17 <i>1.15</i>	0.665 <i>0.899</i>	2.80 <i>2.76</i>	1.07 <i>1.07</i>
Stalks	— <i>1.53</i>	0.923 <i>0.815</i>	1.10 <i>0.945</i>	0.400 <i>0.398</i>	0.684 —	0.523 —

(2) Stand N

Male flowers, closed		0.588	0.915	0.283		
Male flowers, open		0.433	0.587	0.167		
Immature fruits		0.994 <i>1.01</i>	0.834 <i>0.699</i>	0.877 <i>1.35</i>		
Cupule fragments		— <i>0.822</i>	0.827 <i>0.729</i>	0.926 <i>0.744</i>		
Mature nuts		0.826 <i>0.782</i>	0.820 <i>0.878</i>	1.04 <i>0.949</i>		
Stalks		1.12 <i>1.27</i>	0.816 <i>0.748</i>	0.617 <i>0.575</i>		

Figures in italics are C.V. for weight.

Appendix 2. Numerical ratios between the components of the reproductive parts produced in stands.

(1) Stand I

		1980	1981	1982	1983	1984	1985	Mean
Closed m. f. /total m. f.	(%)	—	3.5	3.4	8.2	2.6	4.3	(4.4)
H. f. /total open f.	(%)	2.3	3.7	3.5	2.0	1.3	1.3	(2.3)
Nuts* /h. f.	(%)	15 (3.0)**	5.1	12	14	2.5	9.4	9.6
Pollen/nuts	($\times 10^6$)	410	140	71	130	950	170	310
Pollen/h. f.	($\times 10^6$)	12	7.8	9.3	16	19	19	14
Pollen/ovules	($\times 10^6$)	2.0	1.3	1.5	2.6	3.2	3.2	2.3
Nuts* /nuts		4.9	0.92	0.92	1.2	1.2	0.82	—
Total f. /stalks		—	160	280	210	230	210	(220)

(2) Stand N

Closed m. f. /total m. f.	(%)		11	23	16			13
H. f. /total open f.	(%)		4.8	8.5	5.9			6.4
Nuts* /h. f.	(%)		8.5	6.5	9.6			8.2
Pollen/nuts	($\times 10^6$)		85	55	75			72
Pollen/h. f.	($\times 10^6$)		5.9	3.8	5.4			5.0
Pollen/ovules	($\times 10^6$)		0.98	0.64	0.90			0.84
Nuts* /nuts			1.2	0.93	1.3			—
Total f. /stalks			200	330	240			260

Abbreviation: m. f., male flowers; h. f., hermaphrodite flowers. *, from the division of the number of cupule fragments by 3. For numbers of closed male flowers, hermaphrodite flowers, total open flowers, nuts, cupules, and stalks, see Table 3. For number of pollen, see Table 6. A hermaphrodite flower have three locules and two ovules in each locule. **, Nuts/h. f.

Appendix 3. Number of flowers composed of a panicle of *A. turbinata*.

Tree No.		Male flowers	Hermaphrodite flowers	Total
(1) The 1980 flowers				
	<i>M</i>	—	—	389 (298–551)
(2) The 1985 flowers				
1	<i>M</i>	299 (287–323)	4.4 (0–10)	303 (290–323)
	%		1.5 (0–3.4)	
2	<i>M</i>	312 (271–348)	4.2 (1–8)	317 (275–356)
	%		1.3 (0.3–2.3)	
3	<i>M</i>	329 (278–351)	4.6 (1–7)	334 (283–356)
	%		1.4 (0.3–2.1)	
4	<i>M</i>	279 (212–318)	0.6 (0–3)	280 (215–318)
	%		0.3 (0–1.4)	
5	<i>M</i>	333 (278–385)	5.8 (0–24)	339 (302–389)
	%		1.9 (0–8.0)	
(3) The 1980 flowers				
	<i>M</i> *	—	—	492 (317–674)

M, mean values of five panicles per sample tree. %, percentage to total flowers. (), range of the minimum to maximum value. *, 20 panicles from a young tree in the campus of Kyoto Prefectural University by KANDA (1981)²⁾.

Appendix 4. Variation in pollen weight contained in an anther among 7 stamens on a flower (the 1984 flowers) (mg/anther)

Tree No.	Mean	Min–Max	S. D.	C. V.
2	0.289	0.275–0.305	0.012	0.04
	0.205	0.190–0.230	0.016	0.08
3	0.275	0.175–0.320	0.050	0.18
	0.227	0.190–0.260	0.025	0.11
5	0.236	0.175–0.290	0.034	0.15
	0.173	0.140–0.200	0.018	0.10

Appendix 5. Mean dry weight of pollen grains ($\times 10^{-6}$ mg/grain)

Tree No.	1982	1983	1984		1985	
	Male	Male	Male	Herm.	Male	Herm.
1		5.70	5.93	—	6.66	6.69
2		6.02	5.90	6.81	7.06	6.11
3		6.14	6.59	—	7.03	5.60
4			6.06	—	5.82	7.21
5			7.88	8.29	8.03	6.54
Mean	5.76	5.95	6.47	7.55	6.92	6.43

The values were calculated from the division of the weight by the number of pollen in one anther (cf. Tables 4 and 5).