

茨城県・福島県南部におけるケヤキ着花量の年変動と気象要因との関係

宗原慶恵・高橋誠・平岡裕一郎・三浦真弘(森林総研林育セ)・谷口真吾(琉球大農)・渡邊敦史(森林総研林育セ)

要旨：茨城県および福島県南部の5ヶ所のケヤキ林分より調査個体を選抜し、8年間(2000年から2007年)にわたり着花量または種子結実量を調査した。着花量の年変動は大きく、2から3年に一度は豊作となり、豊作年の翌年は凶作となる豊凶サイクルであることがわかった。前年着花量と次年着花量との間には負の相関が認められた。着花前年の4月から着花当年の4月中旬までの平均気温を説明変数として重回帰分析を行った結果、着花量に影響する要因として着花前年の4月中旬および着花当年の1月から2月の平均気温が推察された。

キーワード：ケヤキ、着花量、豊凶、気象要因

I はじめに

樹木をはじめとする多年生の植物には、同調的かつ間欠的な大量結実(masting)を示す種がある(3)。この要因として、環境が好適で成長の良い年に豊作になるという「資源適合仮説」に対し近年 KELLY & SORK (2002) は、大量結実は多くの場合適応的な繁殖特性であり、気候の直接的な影響を上回ると主張している。一方で、KELLY & SORK (2002) は繁殖効率をあげるために着花を同調させる必要があり、気象は豊作の合図(cue)のひとつであると考察している。

ケヤキは種子生産量の豊凶差が大きい(1, 8)。ケヤキの種子生産量や着花量の変動要因として、兵庫県内の2ヶ所の林分(林齢62~75年生)における15年間の種子生産量の調査から、着花前年の7月の高温少雨と前年の種子生産量の多少が起因すると指摘した報告がある(8)。また福島県南部から茨城県内にわたる3ヶ所の壮齢林と2ヶ所の並木における5年間の調査から、ケヤキの着花量に影響する要因として、着花前年の6月の高温の影響が指摘されている(7)。既報は、ケヤキの壮齢~老齢木の着花には気象的要因の関与が大きいことを示唆するものである。一方、幼齢期のケヤキに対する着花促進の研究としては、接ぎ木個体に対して6月から9月にかけて枝の環状剥皮(物理的処理)、3種類の植物成長調節物質処理(化学的処理)を濃度、組み合わせ、処理時

期を変えて実施したが明瞭な着花促進効果は認められなかった例がある(6)。また宗原は9年生の接ぎ木個体を用いて6月上旬から撥水性マルチを敷き詰めて水分ストレスを与え、環状剥皮とウニコナゾールの散布処理を行ったが着花促進の効果は無かった(未発表)。このようにケヤキに対する効果的な着花促進処理技術が見出されていないため、ケヤキの次年の着花量を前年に予測することは、人工交配や種苗生産を効率的に行うためにも重要である。ケヤキの着花量に影響する要因について明らかにするためには、複数の林分における長期間にわたるデータが必要である。本研究では8年間のモニタリングの結果と気象データを整理し、ケヤキ着花量の豊凶の要因について検討した。

II 調査地と方法

調査地は福島県いわき市(磐城森林管理署管内、いわきとする)、茨城県北茨城市関本町富士ヶ丘高帽国有林(茨城県森林管理署管内、北茨城とする)、茨城県日立市のケヤキ並木(日立とする)、茨城県那珂市茨城県林業技術センター内のケヤキ並木(那珂とする)、茨城県東茨城郡城里町御前山国有林(茨城県森林管理署管内、御前山とする)の5ヶ所であり、各調査地から5個体ずつ選抜し(表-1)、2001年4月から2007年5月まで着花量を目視により5段階で評価した(表-2)。2000年は結実量のみ着花量と同様の評価区分によって5段階で評価した。

表-1. 調査地の概況

調査地	緯度	経度	成立年	林種	胸高直径(cm)	平均	樹高(m)	平均
いわき	37°04' 51"N	140°45' 48"E	1908	二次林	30.0~55.0	47.8	28.1~38.3	32.5
北茨城	36°52' 00"N	140°41' 41"E	1928	二次林	30.0~42.0	36.8	19.6~26.5	23.2
日立	36°35' 24"N	140°39' 15"E	-	並木(市街)	45.0~70.0	55.0	11.1~15.5	13.4
那珂	36°28' 17"N	140°26' 13"E	-	並木(茨城県林業技術センター内)	31.0~60.0	44.4	14.9~19.4	17.7
御前山	36°32' 28"N	140°19' 38"E	1884	二次林	60.0~100.0	76.0	26.3~37.9	33.3

Yoshie MUNEHARA, Makoto TAKAHASHI, Yuichiro HIRAOKA, Masahiro MIURA (For. Tree Breeding Cent., FFPRI, Ishi 3809 - 1, Jyuou, Hitachi, Ibaraki 319 - 1301), Shingo TANIGUCHI (Fac. of Agric., Univ. of the Ryukyus, 1 Senbaru, Nishihara-Cho, Okinawa 903-0213), and Atushi WATANABE (For. Tree Breeding Cent., FFPRI, Ishi 3809 - 1, Jyuou, Hitachi, Ibaraki 319 - 1301) Annual fluctuation of flower production and correlation between weather factor and flower production of Keyaki (*Zelkova serrata*) trees in Ibaraki prefecture and southern part of Fukushima prefecture

表-2. 着花量の評価区分

評価区分	着花状況
1	全く着花していない
2	ほとんど着花していない
3	樹冠面の少し～3分の1程度に着花
4	樹冠面の3分の1～3分の2に着花
5	樹冠面の3分の2以上に着花

2000年は豊作年であったため結実量を着花量と同様に用いても支障は無いと考え、以後の解析に加えることとした。

個体が有する資源量の多寡が着花量に与える影響を検討するために、着花量の年次間の自己相関を1年および2年おきに算出した。着花量と気象要因との相関関係を検討するために以下の解析を行った。気象データ(平均気温, 最高気温, 最低気温)は各調査地に最寄りの地域気象観測所におけるAMeDASデータを用いた。那珂と御前山は同一の地域気象観測所から得られたデータを用いた。本研究の調査地は比較的広域にわたるため、気象データを次に示した手順に従って解析に用いた。各調査地で1991年1月から2000年12月までの各日における気象データの10年間の平均値を計算し、測定したデータと平均値との偏差(平均偏差)を算出した。平均気温, 最高気温, 最低気温の平均偏差を11日間で平均した値(11日間平均偏差)と着花量との単相関係数を算出し、さらに着花前年の4月から着花当年4月15日までの平均気温の11日間平均偏差と着花量について重回帰分析を行った。解析には農林水産省科学技術計算システムのSAS(Ver. 9.1.3)を用いた。

III 結果と考察

全ての調査地で着花量の年変動は大きかった(図1)

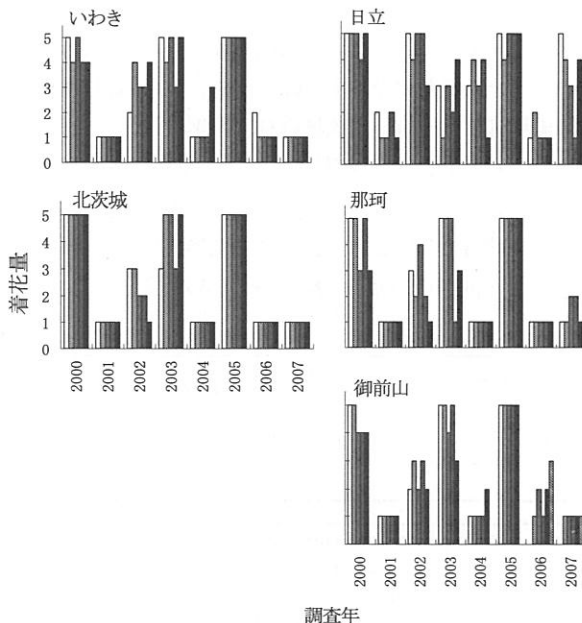


図-1. 2000年から2007年までのケヤキ着花量の年変動

1)。年別に見ると着花量が多かったのは2000年と2003年および2005年であり、各調査地における平均着花量は2003年の日立と那珂を除き4.0以上だった。2001年, 2004年, 2006年, 2007年の着花量は少なく、各調査地における平均着花量は2007年の日立を除いた全ての調査地と年次で2.0以下だった。2002年の各調査地における平均着花量は2.2から4.4だった。上記の着花量から豊凶を区分すると、2000年, 2003年, 2005年は豊作年であり、2001年, 2004年, 2006年, 2007年は凶作年, 2002年は並作年である。豊作年の翌年は凶作年となり、凶作年の翌年は凶作, 並作, 豊作のいずれにもなり、豊作年は2から3年に一度となる傾向が認められた。この豊凶現象は各調査地で同調したが、例外的に日立においては明確でなく、個体間のばらつきが大きかった。各調査個体のある年($t+1$)における着花量とその前年(t)の着花量との間には有意な負の相関が認められた(表-3, $P < 0.05$)。それに対して、ある年($t+2$)の着花量とその2年前(t)の間には有意な相関は認められなかった(表-3, $P > 0.05$)。この結果から前年の着花量が多いほ

表3. ケヤキ着花量の年次間自己相関

調査地	データ数	t年とt+1年の相関		t年とt+2年の相関		
		自己相関係数	P	自己相関係数	P	
いわき	35	-0.42	< 0.05	30	-0.047	> 0.05
北茨城	35	-0.54	< 0.01	30	0.014	> 0.05
日立	35	-0.64	< 0.01	30	0.248	> 0.05
那珂	35	-0.45	< 0.01	30	0.047	> 0.05
御前山	34	-0.69	< 0.01	28	-0.045	> 0.05

ど次年の着花量は少なくなるが、1年より前の着花量の多寡は影響しないことが示唆された。隔年結果の原因として、豊作年には着花・結実に個体内の資源が大量に消費されるため、翌年は凶作となるのではないかという説が有力である(3)。吉野(2003)は、2ヶ所の林分で15年間調査を行い、凶作年の翌年には必ず並作または豊作年となる傾向が認められたことを指摘した上で、ケヤキでも大量結実により樹体内の資源量が消耗するとその回復におおむね1年を要することが隔年結果の原因だと推察している(8)。今回の結果はこれを支持するとともに、2年前の着花量は必ずしも豊凶に影響しないことを示唆するものである。

ケヤキ着花量の豊凶は福島県南部から茨城県にかけて同調した。また千葉県においては2000年と2005年が豊作, 2001年, 2003年, 2004年が凶作, 2002年が並作であり(1), 2003年を除き本研究と同様の豊凶状況であった。これは福島県南部から千葉県にわたってケヤキ着花の豊凶が同調していることを示唆しており、このよう

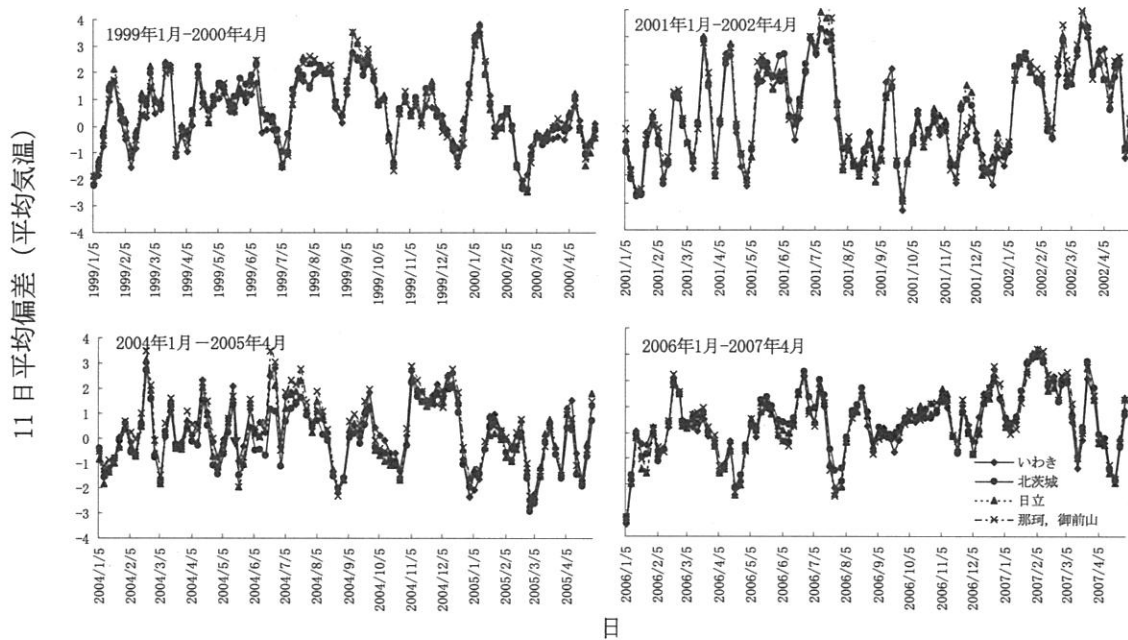


図-2 着花前年1月から当年4月までの11日平均偏差 (平均気温)

な広範囲におよぶ着花量の同調を説明するには資源的制限のみならず、気象要因の影響についても検討する必要があると考えられる。仮定のひとつとして、豊作年に消

耗した資源を回復するうえで最も重要な凶作年の春から夏までの気温が高いほど翌年の着花量が多い可能性が考えられる。しかし、凶作であった2004年(翌年豊作)の春から夏にかけての平均気温は同じく凶作であった2001年(翌年並作)、2006年(翌年凶作)と比較して低いか同程度であり(図-2)、着花量が単純に前年の資源生産量で決定されるとは考えにくい。ふたつめの仮定として、凶作年の翌年の着花量はなんらかの気象要因を引き金に決定され、広い範囲にわたって同調する可能性が考えられる。そこで凶作年の翌年(2002年、2005年、2007年)と2000年の着花量データを用いて、着花前年の4月から着花当年の4月までの平均、最高、最低気温の11日間平均偏差と着花量との単相関係数を算出した(図-3)。2000年のデータを解析に加えたのは、千葉県において1999年はほとんど着花せず、さらに本研究の結果から千葉県と茨城県、福島県の豊凶の同調の程度が高かったことによる。着花当年の1月下旬から3月下旬にかけての気温と、着花前年の10月中旬から下旬の最高気温と着花量との間に強い負の相関が認められた。また、着花前年の4月下旬の平均気温と4月下旬の最高気温、7月下旬の平均気温、最高気温および7月下旬、8月上旬の最低気温、9月中旬の最高気温、9月下旬の最低気温、11月下旬の平均気温、12月上旬の平均および最高気温、着花当年の4月上旬の最高気温と着花量との間に強い正の相関が認められた(図-3、表-4)。苗畑で行われたケヤキの花芽観察によると、花芽原基の分化は7月上旬

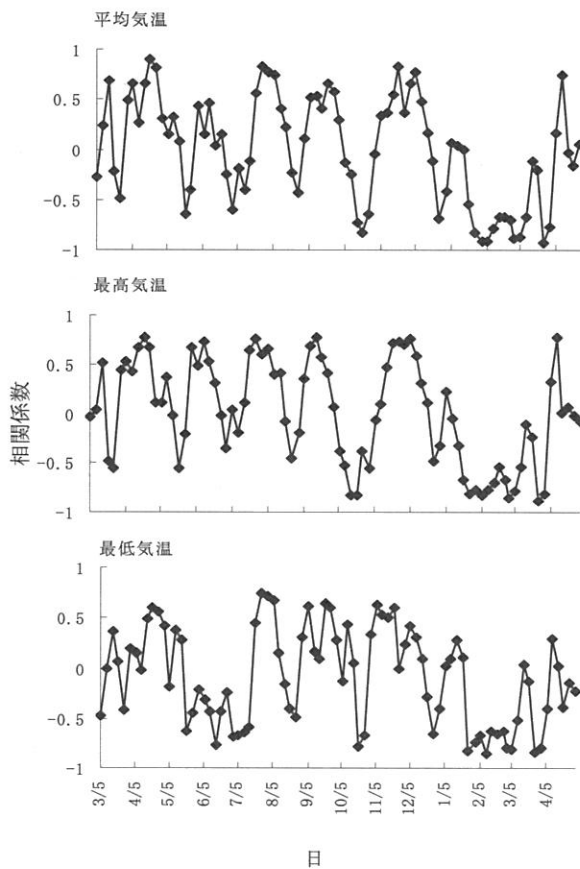


図-3. 着花量と気象要因との相関

表-4. 着花量と気象要因の相関

	日	相関係数	日	相関係数
平均気温	4月20日	0.90	3月25日	-0.93
	7月25日	0.83	2月5日	-0.91
	11月20日	0.83	1月31日	-0.91
	4月25日	0.81	2月28日	-0.89
	12月5日	0.77	3月5日	-0.87
最高気温	9月15日	0.77	3月25日	-0.88
	4月20日	0.77	2月28日	-0.86
	4月10日	0.77	10月20日	-0.83
	12月5日	0.76	10月15日	-0.82
	7月25日	0.76	2月5日	-0.82
最低気温	7月25日	0.75	2月10日	-0.86
	7月31日	0.71	3月25日	-0.84
	8月5日	0.68	1月25日	-0.83
	9月20日	0.65	3月5日	-0.82
	11月5日	0.63	3月31日	-0.80

*気象要因として平均、最高、最低気温について測定日の平年値からの偏差を11日間平均した値を用いた。太字は着花当年の気象であることを示す。

に開始すると推測され、雄花の原基は7月下旬から8月下旬に分化した後、雄花内部の葯の分化が9月上旬まで続き、さらに9月上旬から10月中旬まで雌花帯の苞葉が分化し、花芽全体の大きさは11月中旬に至るまで増加し続け、翌年の3月中旬から4月上旬にかけて雌花の原基分化が行われた(2)。着花前年の7月下旬から9月下旬におよぶ気温と着花量との間に正の相関があったことは、雄花原基の分化と発達が高温によって促進されることを示唆するものである。同様に11月下旬から12月上旬の高温は花芽の成長促進に寄与したことを示唆する。しかし、10月下旬の気温との間に高い負の相関があることの原因は不明である。着花量に影響する気象要因をさらに検討するため、着花前年の4月から着花当年の4月中旬までの平均気温の11日間平均偏差を説明変数として用いた重回帰分析を行った。その結果、着花量は次式の組み合わせにより最もよく説明できると考えられた。

$$Y = 0.70X_1 (<0.001) - 0.55X_2 (<0.001)$$

$$- 0.84X_3 (<0.001) + 3.29 (<0.001)$$

(adjusted $R^2 = 0.90$, $C_p = -0.85$, VIF; $X_1 = 1.13$, $X_2 = 1.58$, $X_3 = 1.68$)

ここでは Y : t 年の着花量, X_1 : $t-1$ 年の4月10日から20日の平均気温の11日間平均偏差, X_2 : t 年の1月5日から15日の11日間平均偏差, X_3 : t 年の2月15日から25日の11日間平均偏差を示す。着花量に最も影響している要因として前年4月中旬の高い平均気温と、着花当年1月から2月の低い平均気温が推測された。これらはそれぞれケヤキ雄花と雌花の原基分化に2月から3月先立つ時期であり、生化学的な変化は原基の分化に先行することから、これらの期間の気温が花の原基分化の引き金として重要である可能性が示唆された。

IV まとめ

ケヤキの豊凶周期は先行研究と一致する傾向を示した。前年と次年の着花量は負の相関関係にあり、着花量は前年に消費した資源量に影響されると推測された。凶作年の翌年の着花量に影響する因子として、着花前年の4月中旬の高い平均気温と着花当年の1月から2月の低い平均気温関与する可能性が示唆された。しかし本研究で着花量と気象要因の解析に使用したデータは、凶作年の翌年に限ったため4年間のみとなり、誤差が大きい可能性がある。今後データを集積し、これらの観点からの解析を試みる。

引用文献

- (1) 福島成樹 (2006) 千葉県森林研究センターにおけるケヤキの着花状況. 日林関東支論 57 : 157-158.
- (2) 橋詰隼人・谷口真吾 (2003) ケヤキの花芽の分化と発育. 森林応用研究 12 : 35-39.
- (3) KELLY, D. (1994). The evolutionary ecology of mast seeding. Trends. Ecol. Evol. 9 : 465-470.
- (4) KELLY, D. and SORK, V. L. (2002) Mast seeding in perennial plants : why, how, where? Annu. Rev. Ecol. Syst. 33 : 427-447.
- (5) OWENS, J. N. (1995) Constraints to seed production : temperate and tropical forest trees. Tree Phys. 15 : 477-484.
- (6) 高橋誠・加藤一隆・武津英太郎・福田陽子 (2004) パクロボトラゾールとユニコナゾールを用いたケヤキの着花促進の検討. H16 林育七報 : 61-64.
- (7) 高橋誠・福田陽子・武津英太郎・加藤一隆・宮浦富保 (2005) 茨城県・福島南東部におけるケヤキの開花と開花前年の気象要因との関係. 第56回関東支部大会講演要旨集 : 27.
- (8) 吉野豊 (2003) 15年間のケヤキ種子生産量の変動と豊凶に関与する要因. 日林誌 85(3) : 199-204.