

阿武隈高地森林生物遺伝資源保存林内のアカマツの 雄花開花量の4年間の推移

岩泉正和・高橋誠・篠崎夕子・矢野慶介・宮本尚子（森林総研林育セ）

要旨：アカマツは日本の主要針葉樹の一つであるが、当該樹種の遺伝資源の生息域内保存のために重要な、天然林内の開花状況についてはあまり明らかにされていない。本研究では、阿武隈高地森林生物遺伝資源保存林内のアカマツが優占する林分に設定している林木遺伝資源モニタリング試験地（0.28ha）で、2007年～2010年の連続した4ヶ年、アカマツ成木個体（160個体：2007年時点）の雄花開花量を1～5の5段階で指数評価した。2007年～2010年のアカマツ全個体の平均開花指数はそれぞれ3.46, 3.39, 2.80, 2.83であり、多くの個体では毎年開花が観察された。いずれの調査年次においても、個体の開花指数と胸高直径の間には有意な正の相関が得られたが、類似したサイズの個体間で開花指数は大きく異なった。いずれの調査年次においても、サブプロット当たりのアカマツ個体の生育本数と平均の雄花開花指数の間には負の相関が見られた。また、個体の開花指数の年次相関はいずれの年次間も有意な正の相関を示した。アカマツ個体の雄花開花量は、①年次間での豊凶差が比較的小さく、②個体サイズの他、周辺のアカマツ個体密度や個体の遺伝的な特性等の影響も受けている可能性が考えられた。

キーワード：アカマツ、モニタリング、繁殖、雄花開花量

I はじめに

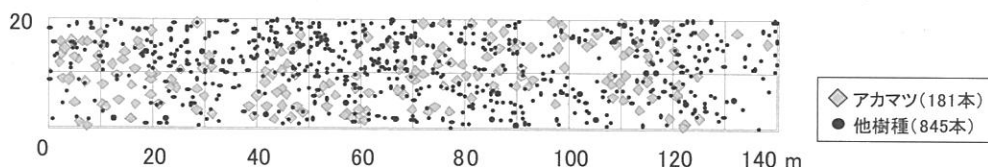
林木遺伝資源の保存形態の一つである生息域内保存は、特定の樹種を保存対象とする林木遺伝資源保存林や、自然生態系を構成する生物種全体を保存対象とする森林生物遺伝資源保存林等の保存林の設定によって行われている。しかし、時間の経過とともに、個体の成長、枯死及び新規加入、または大規模な攪乱等によって保存林の林分構造は刻々と変化し、それに伴い、保存林内の遺伝資源の状況も刻々と変化していく。今後、保存対象となっている遺伝資源の劣化や滅失のリスクを回避し、これらを生息域内で確実に次世代へ存続させる上では、林分構造の推移に加え、保存対象樹種の成木個体の開花量等の繁殖状況や、花粉飛散や種子散布を介した交配実態、実生や稚幼樹の発生・生存等の更新状況についても把握し、林分の次世代への更新プロセスに係る諸特性の推移を把握していくことが重要である。

現在、林木育種センターでは、阿武隈高地森林生物遺

伝資源保存林内のアカマツが優占する林分に2001年より固定プロットを設定し、その遺伝資源の推移を把握するために、モニタリング調査を実施している。当該プロットで得られた調査データについては既に、2001年から2006年までの5年間の林分構造の推移(3)や、DNAマーカーを用いた花粉飛散及び種子散布範囲等の状況(2, 6)、アカマツの当年生実生の発生及び生存の状況(5)等に関する結果を報告してきた。その一方で、アカマツの開花状況については、これまで体系的なデータが得られてこなかった。このため、成木個体の開花量を継続して調査することは、林分内での繁殖可能な個体数等を把握する上で重要であり、林分の自律的な維持力の直接的な評価に資するものである。

アカマツ個体の繁殖特性については、主に植栽個体を対象にして、雄花・雌花の着生量(1, 3)や樹冠の高さ(上・中・下部)別の球果数(4)等のクローン間変異が報告されている。しかし、遺伝資源の生息域内保全に重要な、

図-1. アカマツ林試験地における胸高直径5cm以上の個体の立木位置図(2001年設定時)



Masakazu G. IWAIZUMI, Makoto TAKAHASHI, Yuko SINOZAKI, Naoko MIYAMOTO and Keisuke YANO (For. Tree Breed. Center, For. and Forest Prod. Res. Inst., Hitachi, Ibaraki 319-1301).

Four-year changes of the male flower production of Japanese red pine (*Pinus densiflora*) at Abukuma-highlands Forest Bio-genetic Resources Preservation Forest.

天然林内での開花特性についてはあまり明らかにされていない。そこで本報では、アカマツ天然林内の成木個体を対象に、雄花開花量を4ヶ年にわたり調査した。そして、開花量の年次間での豊凶差や、アカマツの個体サイズ・生育個体密度といった開花量に影響を及ぼす要因について考察した。

II 材料と方法

調査は、福島県いわき市に所在する阿武隈高地森林生物遺資源保存林内の、尾根沿いに生育するアカマツ林に設定した固定プロットで行った。個体プロットの面積は縦20m×横140m=0.28haであり、10m×10mのサブプロット28個で構成されている(図-1)。アカマツは林内の高木層を優占している一方で、胸高直径15cm以下のサイズの小さい個体はほとんど生育しておらず、2006年の第2回目の毎木調査時では、アカマツの生育本数密度は全体の16.9%であるのに対し、胸高断面積合計では全体の73.0%を占めていた(3)。また、アカマツの個体密度は局所的に大きく異なっており、サブプロット当たりの胸高直径5cm以上のアカマツ成木の生育本数は0~12本であった。

雄花開花量の調査は、2007年~2010年の連続した4ヶ年にわたり行った。プロット内のアカマツ成木個体を対象に、表-1に示す、1~5の5段階で指数評価した。

年次毎に、プロット内全体及びサブプロット当たりの平均の雄花開花指数をそれぞれ算出した。個体サイズが開花量に与える影響を把握するため、2006年の毎木調査時での個体の胸高直径と、各調査年次の雄花開花指数の関係を解析した。また、個体密度の違いが開花量に与える影響を把握するため、サブプロット当たりのアカマツの生育本数と平均の雄花開花指数の関係を解析した。

表-1. 雄花開花指数の5段階の評価基準

雄花開花指数	評価基準
1	全く着花なし
2	樹冠の1/4程度で着花
3	樹冠の1/2程度で着花
4	樹冠の3/4程度で着花
5	樹冠全体で高密度に着花

表-2. 調査を行った4ヶ年の開花指数別個体数と平均開花指数

	雄花開花指数					計	平均(SE)
	1	2	3	4	5		
2007年	6	35	42	34	43	160	3.46 (1.10)
2008年	8	37	37	34	40	156	3.39 (1.11)
2009年	26	45	33	21	23	148	2.80 (1.15)
2010年	27	44	27	19	27	144	2.83 (1.18)

さらに、個体の開花量の4年間での年次相関についても解析した。

III 結果

1. 4年間のアカマツの雄花開花量の推移 調査した2007年~2010年の4ヶ年における、アカマツの雄花開花指数別個体数及び全個体の平均を表-2に示した。2007年及び2008年における全個体の平均開花指数はやや高く、2009年及び2010年に比べて指数1の個体が少なく、指数5の個体が多かった。しかし、多くの個体では4ヶ年を通じて開花が観察された。また、いずれの年次においても開花指数には個体間でばらつきがみられ、開花指数の平均誤差が大きかった。

2. アカマツの雄花開花量と諸要因の関係 2007年におけるアカマツ個体の胸高直径と雄花開花指数の関係を図-2に示した。2007年も含め、いずれの年次においても、胸高直径の大きい個体ほど雄花開花指数が有意に高かった(Kendall順位相関検定; 2008年: $N=156$, $\tau=0.387$, 2009年: $N=148$, $\tau=0.401$, 2010年: $N=144$, $\tau=0.343$, 全て $P<0.001$)。しかし、類似した胸高直径の個体間であっても開花指数には大きな差が見られ、その傾向は特に胸高直径15~35cmの比較的小~中径木の個体間で顕著であった。

2008年における、サブプロット当たりのアカマツ個体の生育本数と平均の雄花開花指数の関係を図-3に示した。2008年も含め、いずれの年次においても、アカマツの生育本数の多いサブプロットほど平均の開花指数が低い傾向が見られた($N=27$, 2007年: $\tau=-0.225$, $P<0.1$, 2009年: $\tau=-0.582$, $P<0.001$, 2010年: $\tau=-0.276$, $P<0.05$)。

アカマツ個体の雄花開花指数の4ヶ年における総当

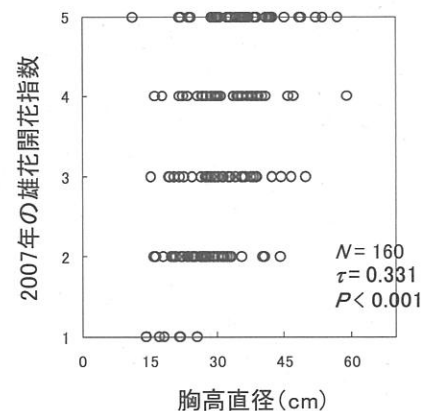


図-2. 2007年におけるアカマツ個体の胸高直径と雄花開花指数の関係(Kendall順位相関検定)

たりの年次相関を表-3に示す。いずれの年次間においても、個体の開花指数には有意な正の相関が見られた。

IV 考察

1. アカマツの雄花開花量の推移 広葉樹(8, 7), 針葉樹(10)を問わず、多くの樹木では、開花量は年次間で大きな豊凶差が報告されている。これに対し、当該アカマツ林では多くの個体で毎年開花が観察された(表-2)。アカマツの植栽クローンを対象とした、複数年次にわたる雄花着生量の報告(13)でも、多少の年次変動はあるものの、ほとんどのクローンで毎年着生が観察されている。このことから、ブナ(9)やカラマツ(11)といった、複数年に一回開花する樹種に比べると、当該樹種の雄花開花量の豊凶差は比較的小さいと考えられる。

2. アカマツの雄花開花量に影響をあたえる要因 個体サイズと雄花開花量の有意な正の相関関係(図-2)は、個体のもつ資源量が雄花開花量に影響を与える一因であることを示唆している。その一方で、類似したサイズの個体間であっても雄花開花量には大きな差が見られたことから、個体サイズ以外の要因も影響していることが考えられる。特に、サブプロット当たりのアカマツの生育本数と平均の雄花開花指数には強い負の相関が見られたことから(図-3)、集団内での局所的な生育個体密度の違いも、個体の雄花開花量に影響を与えていることが考えられる。当該プロット内では大きい個体サイズ階級を占めるのはほぼアカマツであり、種内個体間での光資源をめぐる競争等が開花量に影響しているものと考えられる。

また、調査した4ヶ年では一貫して、アカマツの雄花開花指数は個体間で大きな差が見られた(表-2)。加

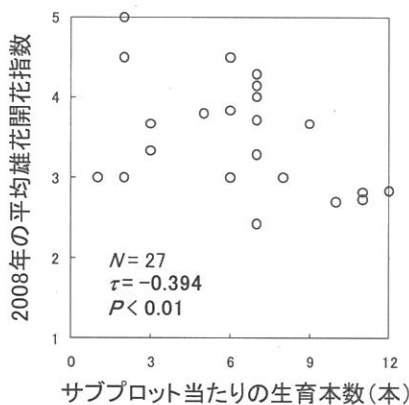


図-3. 2008年におけるサブプロット当たりのアカマツ生育本数と平均雄花開花指数の関係(Kendall 順位相関検定)

えて、雄花開花指数の年次相関が顕著なことから(表-3)、開花量の多い個体は連年、比較的開花量が多い傾向にあることがうかがえる。これらの結果から、個体の雄花開花量の変異には遺伝的要因が関与している可能性も考えられる。マツ属の植栽クローンを対象とした開花特性の報告でも、雄花・雌花の両者の開花数は年次相関が高く(13)、遺伝率も高いことが認められており(10, 12)、それらの結果は上記の可能性を支持している。

3. 当該林分の林木遺伝資源モニタリング 林木遺伝資源を健全に保存していくためには、林分構造の推移のみでなく、対象樹種の天然更新の前提となる、繁殖状況についても継続的に把握していくことが重要である。今回の調査により、アカマツ天然林内での個体の雄花開花量は、①年次間での豊凶差が比較的小さく、②個体サイズや局所的なアカマツの個体密度、個体の遺伝的な特性等の影響を受けている可能性が考えられた。また、表-2の調査個体数の減少から伺えるように、当該プロット内ではマツ材線虫病等によるアカマツの衰弱・枯死が進行しており、今後、個体の健全度や近隣の個体の枯死が開花量に影響を与える一因となる可能性も考えられる。

本報では特に雄花の開花量について解析したが、今後は、雌花の開花量やその年次間での推移についても、雄花と併行して同時に把握していくことが重要である。両性植物では、個体の繁殖努力は雌雄性間で大きく異なることが指摘されていることから(1, 9)、個体の雄花と雌花の開花量は必ずしも比例しない可能性が考えられる。今後も調査対象個体の開花・結実の状況を継続して把握していくことにより、林分の繁殖特性や次世代への更新メカニズムに関する理解を深めていくことができると考えられる。

最後に、本モニタリング調査は関東森林管理局磐城森林管理署のご協力のもと、継続して行われている。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

引用文献

(1) CHARNOV, E.L. (1982) The theory of sex allocation.

表-3. 4年間の雄花開花指数の年次相関(Kendall 順位相関検定)

	2007年	2008年	2009年	2010年
2007年	-			
2008年	0.474	-		
2009年	0.479	0.655	-	
2010年	0.380	0.523	0.547	-

※相関係数は全て $P < 0.001$.

Princeton University Press, Princeton.

(2) IWAIZUMI, M.G., WATANABE, A. and UBUKATA, M. (2007) Use of different seed tissues for separate biparentage identification of dispersed seeds in conifers: confirmations and practices for gene flow in *Pinus densiflora*. *Can. J. For. Res.* 37 : 2022~2030.

(3) 岩泉正和・高橋誠・上野真一・生方正俊・野村考宏・矢野慶介・星比呂志・山田浩雄 (2008) 阿武隈高地森林生物遺伝資源保存林内のアカマツ林に設定した固定試験地における設定後5年間の林分構造の推移. 関東森林研究 59 : 145~148.

(4) IWAIZUMI, M.G., UBUKATA, M. and YAMADA, H. (2008) Within-crown cone production patterns dependent on cone productivities in *Pinus densiflora*: effects of vertically differential, pollination-related, cone-growing conditions. *Botany* 86 : 576~586.

(5) 岩泉正和・高橋誠・矢野慶介 (2010) アカマツ林内に設定した林木遺伝資源モニタリング試験地における2年間の当年生実生の動態. 関東森林研究 61 : 111~114.

(6) IWAIZUMI, M. G., TAKAHASHI, M., WATANABE, A. and UBUKATA, M. (2010) Simultaneous evaluation of paternal and maternal immigrant gene flow and the implications for the overall genetic composition of *Pinus densiflora* dispersed seeds. *J. Hered.* 101 : 144~153.

(7) 金指達郎・鈴木和次郎 (2004) ミズナラ堅果生産の年変動—開花から成熟堅果まで—. 日林講 115 : 126.

(8) 今博計・小山浩正・寺澤和彦・八坂通泰・長坂有 (2002) ブナの開花のメカニズムを探る. 日林講 113 : 613.

(9) LLOYD, D.G. (1982) Selection on combined versus separate sexes in seed plants. *Am. Nat.* 120 : 571~585.

(10) MATZIRIS, D. (1993) Variation in cone production in a clonal seed orchard of black pine. *Silvae Genet.* 42 : 136~141.

(11) 森仙吾 (1983) カラマツ類における芽数の年次変化と開花との関係について. 日林論 94 : 303~304.

(12) MUTKE, S., GORDO, J. and GIL, L. (2005) Cone yield characterization of a stone pine (*Pinus pinea* L.) clone bank. *Silvae Genet.* 54 : 189~197.

(13) 戸田忠雄 (2004) アカマツおよびクロマツのマツ材線虫病抵抗性育種に関する研究. 林育研報 20 : 83~217.