

信州大学農学部構内に自生するサクラ属3種の繁殖開始サイズ

城田徹央¹・宮内郁美²・齋藤 大³・丸山一樹⁴・岡野哲郎¹

¹信州大学学術研究院農学系

²信州大学農学部

³信州大学大学院農学研究科

⁴信州大学大学院総合工学系研究科

要 旨

ウワミズザクラ、カスミザクラ、エドヒガンの生活史特性の一つである繁殖開始サイズを明らかにした。繁殖開始サイズはカスミザクラが最も小さく、エドヒガンで最も大きかった。またウワミズザクラは被陰の有無が繁殖開始サイズに影響を与えた。これらの結果に基づいてアカマツ林における母樹の個体数密度と胸高断面積合計を求めた結果、カスミザクラが優位性を示した。

キーワード：サクラ属，繁殖開始サイズ，母樹個体数密度

はじめに

構内アカマツ林において松枯れを想定した場合、サクラ属樹木が後継樹として重要な役割を果たすことが予想される²⁰⁾。また、アカマツの枯死は林床の光環境の改善を促すこと、サクラ属樹木は攪乱を契機として更新することから^{7,21,23)}、アカマツの枯死はサクラ属樹木の実生更新を促進すると想定される。比較的林床が明るい構内アカマツ林では、ウワミズザクラ (*Prunus grayana*) の稚樹 (樹高 1 m 以下の個体) が随所に見られるのに対し、カスミザクラ (*Prunus verecunda*) の稚樹は散在する程度であり、エドヒガン (*Prunus pendula* f. *ascendens*) の稚樹は全くない²⁰⁾。このような違いは発芽、初期成長の特性だけでなく、母樹の個体数やその胸高断面積合計などの繁殖特性にも影響されている可能性がある。

一般に、植物は生産物を栄養成長と繁殖成長にそれぞれ分配するので、これらへの分配にはトレードオフ関係が生じる⁵⁾。同時に繁殖への投資には一定の生産物が必要であるため、成長の初期段階では栄養成長に特化し、一定のサイズに達してから繁殖成長を伴うというスケジュール性が一回繁殖型植物でも多回繁殖型植物でも共通して認められる^{17,19)}。

樹木の繁殖も齢ではなくサイズに制限され、そのサイズを繁殖開始サイズ: critical size of reproduction と呼ぶ¹¹⁾。樹木の場合も、繁殖への投資とその開始が一定の生産量を前提としており¹³⁾、不適

な環境においては繁殖への投資を控えることで適応する戦略を採っている^{3,8)}。このように繁殖開始サイズは、種子の供給という観点や生産物の分配という観点、および樹木の生活史スケジュール性の観点から重要である。しかしながら、具体的に繁殖開始サイズが明らかにされている樹種は限られており^{2,12,14)}、サクラ属については不明な点が多い。

そこで本研究では、構内アカマツ林に自生するウワミズザクラ、カスミザクラ、エドヒガンのサクラ属3種を対象に、それぞれの繁殖開始サイズを明らかにすること、またアカマツ林におけるそれぞれの種の繁殖開始サイズ以上の個体の個体数密度と断面積合計を明らかにすることを目的とした。なお、アカマツ林冠下における種子供給能力だけでなく、アカマツが枯死して被陰が無くなった場合のことも想定し、被陰下にある個体と被陰が軽減されている林縁木の繁殖開始サイズの比較も行った。

調査地と方法

繁殖開始サイズの調査地は、信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター構内ステーション演習林全域のアカマツ林とした。調査個体数は、ウワミズザクラ、カスミザクラおよびエドヒガンについて、それぞれ102, 86および74個体であった。林冠に突出した個体やギャップに生育する個体は数が不十分であったので、被陰の有無については林内と林縁の2タイプとした。サクラ属3種の繁殖開始サイズに及ぼす個体サイズと光環境の影響を知るために、個体の樹高、胸高直径、被陰の有無、花の有無を調査した。

受付日 2015年1月5日

受理日 2015年2月2日

表1 変数増減法によるロジスティック重回帰分析の結果

樹種	切片	DBH	生育環境	n
ウワミズザクラ	-6.198 ***	0.628 ***	-2.127 **	102
カスミザクラ	-1.871 *	0.392 ***	-1.016 n.s.	86
エドヒガン	-9.710 n.s.	0.710 n.s.	-7.800 n.s.	74

n.s.: $p > 0.05$, *: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.01$, ***: $p \leq 0.001$

花の有無を従属変数、樹高、胸高直径、および被陰の有無（林縁または林内）を独立変数とするロジスティック重回帰分析を行った。このとき、AICを基準とする変数増減法を用いて独立変数の選択を行った。ロジスティック重回帰が有意であり、かつ有効な独立変数にサイズが含まれる場合、オッズ比が1となるサイズを繁殖開始サイズとして定義した。

ロジスティック重回帰の結果と、約70年生の天然生アカマツ林である9林班口、ハ小班の平坦地における毎木調査の結果²⁰⁾をもとに、繁殖可能な個体のサイズ構造を解析した。すなわち、それぞれの種の繁殖最小サイズ以上の個体を毎木調査リストから抽出し、それらの個体数密度および胸高断面積合計を算出した。

結 果

図1にサクラ属3種の胸高直径と樹高の関係を、林内と林縁の違い、開花の有無を反映させて示した。いずれの樹種においても着花していない個体は着花している個体よりも、DBH および樹高が小さい傾向が認められた。

ロジスティック重回帰分析の結果、いずれの樹種においても樹高は変数から削除されたが、これは胸高直径との強い相関が多重共線性を導いているためと考えられた。ウワミズザクラでは開花の有無を判断する変数として胸高直径と被陰の有無が有効な変数として採択された（表1）。林内と林縁における繁殖開始サイズを求めた結果、それぞれ13.2cmと9.9cmとなり、林内で大きなサイズとなった（表2）。カスミザクラでも、林内と林縁では林内のほうが大きな繁殖開始サイズを示したが（表2）、重回帰分析の結果、被陰の有無は有意な変数として採択されなかったため（表1）、全ての個体を5.7cmの胸高直径のみで判定することとなった。エドヒガンでは、林内と林縁を区別する場合や（表2）、その区別を変数に含む場合には（表1）有意な判別式は得られなかった。そこでカスミザクラと同様に全ての個体を16.1cmの胸高直径のみで判定することになった。

これらの境界値を用いて繁殖の有無を調査個体ご

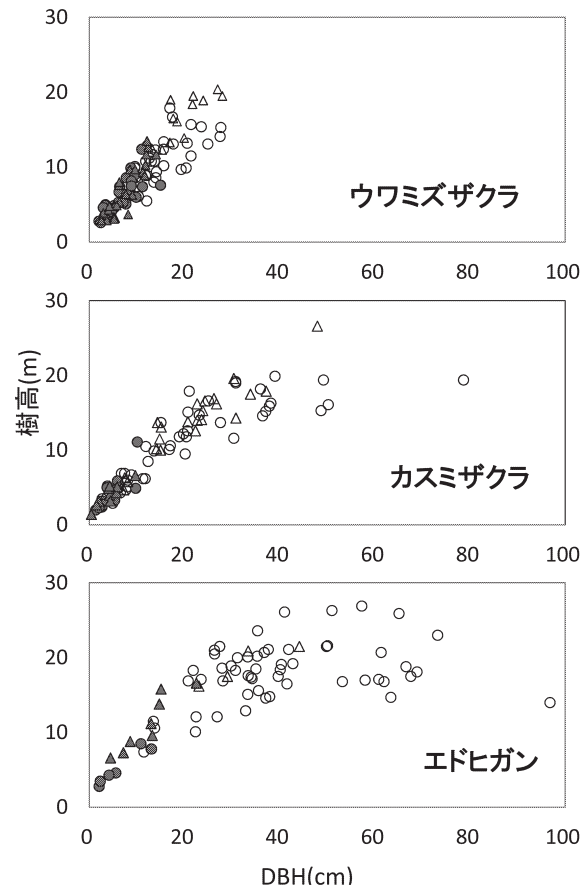


図1 サクラ属3種の繁殖の有無におよぼす胸高直径と樹高の影響

○：林縁の着花個体，●：林縁の非着花個体，△：林内の着花個体，▲：林内の非着花個体

とに推定し、その推定個体数を実測値と比較した。その結果、いずれの種においても有意な違いは認められなかった（ χ^2 検定，5%水準）。

構内アカマツ林の毎木調査²⁰⁾に基づき、本研究で求められた開花開始DBHより大きなサクラ属3種の個体を抽出した集計結果を表3に示した。母樹の個体数密度はウワミズザクラで133本/ha、カスミザクラが138本/ha、エドヒガンが33本/haであり、サクラ属3種いずれも林内に母樹がみられた。また、母樹の胸高断面積合計はカスミザクラが4.47m²/haと最も高く、次にウワミズザクラが3.27m²/ha、エドヒガンが1.40m²/haと最も低かった。アカマツ林冠が衰退した場合に、ウワミズザクラの繁殖開始サ

表2 胸高直径を変数とするロジスティック回帰分析の結果

樹種	生育環境	切片	DBH	繁殖開始サイズ	n
ウワミズザクラ	林内	-8.592 **	0.649 **	13.2	41
	林縁	-6.087 ***	0.617 ***	9.9	61
	全体	-6.159 ***	0.556 ***	11.1	102
カスミザクラ	林内	-3.686 *	0.517 *	7.1	33
	林縁	-1.491 n.s.	0.327 *	4.6	53
	全体	-2.240 **	0.390 ***	5.7	86
エドヒガン	林内	-1764.920 n.s.	77.580 n.s.	22.7	12
	林縁	-8.148 n.s.	0.647 n.s.	12.6	62
	全体	-5.481 **	0.341 **	16.1	74

n.s.: $p > 0.05$, *: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.01$, ***: $p \leq 0.001$

イズが13.0cmから9.6cmに変化すると仮定して算出した開放下における繁殖可能個体の個体数と幹断面積合計は、それぞれ154本/ha および3.48m²/haとなり、3種間の順位に対する影響はほとんどなかった。

考 察

1. サクラ属3種の繁殖開始サイズ

一般に樹木の繁殖開始サイズは樹種により大きく異なる。北海道の針葉樹および広葉樹についてとりまとめた事例¹²⁾を見ると、トドマツやエゾマツでは30cm弱、ミズナラ、ベニイタヤ、シナノキ、ヤチダモは25cm程度、オオバボダイジュは20cm程度、ハリギリとシラカンバは15cm程度、ハウチワカエデ、ウダイカンバ、ダケカンバは10cm程度とされている。また群馬県湯桐地域のヤナギ類に関する研究では、オオバヤナギで10~15cm、オノエヤナギで5~10cm、ユギソヤナギで0~5cmとされている²⁾。またナギではDBHが10~20cmのサイズクラスで約半数の個体において、30cmを超えるとほぼ全ての個体において繁殖が認められる¹⁴⁾。本研究でもサクラ属3種の繁殖開始サイズを胸高直径によって判定できることが明らかにされた。そのサイズはエドヒガンで最も大きく(15.2cm)、カスミザクラで最も小さかったが(5.0cm)、これらの値は、ナギや北海道の高木ないし中高木と比較して小さいクラスに位置し、群馬県のヤナギ類とほぼ同程度である。

群馬県のヤナギ類の事例では、高木であるオオバヤナギが、中高木であるオノエヤナギやユビソヤナギよりも繁殖開始サイズが大きくなる傾向が指摘された²⁾。本研究の対象であるサクラ属3種はいずれも高木であるが¹⁾、大きな繁殖開始サイズを示したエドヒガンは、日本産のサクラのなかでは最も寿命が長いとされる¹⁶⁾。また福島県において幹周囲長が3m以上になるサクラ属の巨木133個体を調査した

事例では、エドヒガンおよび近縁のシダレザクラが60個体と圧倒的に多く、カスミザクラは3個体とわずかであり、ウワミズザクラは含まれなかった⁴⁾。したがって、ヤナギ類の事例と同様に、今回明らかにされた繁殖開始サイズが、それぞれの種の最大サイズや寿命と関係している可能性があり、今後、検討すべき課題といえる。

アカマツによる被陰の影響がウワミズザクラで検出された。被陰されている個体の中で、繁殖開始サイズ(DBH13.0cm)以上のウワミズザクラ個体は亜高木層(10m~17m)に達しており、それ以下の個体の大半は低木層(1~9m)に留まっていた。このことは繁殖開始サイズより小さなウワミズザクラ個体が、相対的に暗い環境にあったことを示している。サワシバは開花がサイズだけでなく成長速度の影響を受ける¹⁸⁾。また、*Quercus rubra*はその年の成長および翌年の芽の生産が一定量担保されている条件下においてだけ結実する³⁾。これらの事例は樹木においては繁殖がサイズだけでなく生産物の多寡に左右されていることを示しており¹³⁾、ウワミズザクラもその傾向が強いといえる。

カスミザクラとエドヒガンでは林内よりも林縁の個体で繁殖開始サイズが小さくなる傾向があるものの、その違いが明瞭ではないことから、光環境の影響を受けにくいと考えられる。特にカスミザクラは低木層に存在する個体でも開花が認められ、被陰下でも開花する能力が高いと考えられる。一方で、林冠層の被度が低いほど低木層のヤマツツジおよびミツバツツジの着花数が増加することが報告されている²⁴⁾。本研究では着花数は調べていないが、調査の過程で被陰下の個体のほうが花の量が少ない傾向を観察できたことから、カスミザクラやエドヒガンでは繁殖開始サイズではなく繁殖の量が生産物量の制約を受けている可能性がある。

表3 構内アカマツ林における繁殖可能なサクラ属3種の出現個体数と大きさ

樹種	タイプ	個体数 (本/ha)	幹数合計 (本/ha)	幹断面積合計 (m ² /ha)
ウワミズザクラ	全個体	675	988	16.33
	繁殖可能個体 (被圧下)	133	146	3.27
	繁殖可能個体 (開放下)	154	167	3.48
カスミザクラ	全個体	208	317	19.05
	繁殖可能個体 (被圧下)	138	154	4.47
	繁殖可能個体 (開放下)	138	154	4.47
エドヒガン	全個体	33	54	6.36
	繁殖可能個体 (被圧下)	13	13	1.40
	繁殖可能個体 (開放下)	13	13	1.40
総計	全個体	917	1358	41.73
	繁殖可能個体 (被圧下)	283	313	9.14
	繁殖可能個体 (開放下)	304	333	9.35

幹数合計と幹断面積合計には、株立個体の主幹以外の幹が含まれる。

2. 構内アカマツ林における繁殖可能な個体数と胸高断面積合計

構内アカマツ林ではウワミズザクラの個体数が、カスミザクラやエドヒガンよりも圧倒的に多かったが、その多くは低木層や林床層の個体数が大半を占めており²⁰⁾、アカマツ林冠下における繁殖可能な個体は相対的に少なかった。その結果、繁殖可能な個体数はウワミズザクラとカスミザクラでほぼ同等であり、また繁殖可能な個体の胸高断面積合計はウワミズザクラよりもカスミザクラのほうが上回る結果となったと考えられる。アカマツ林冠による被圧が解除された場合には、繁殖可能と判断される個体数が増加するが、その個体数は少なく、同時に該当する個体のサイズも小さいため、ウワミズザクラに対するカスミザクラの優位性には変化はもたらされなかった(表3)。エドヒガンは平均的な個体サイズは大きいものの、個体数そのものが少なく、さらに繁殖最小サイズが小さいために、他の2種よりも繁殖可能な個体の胸高断面積合計が小さくなったと考えられる。

このように、カスミザクラは更新過程においてウワミズザクラに劣るものの²⁰⁾、より小さなサイズ段階から開花を開始することで繁殖過程において相対的に優位な位置にあると考えられる。すなわち本研究では、構内アカマツ林における開花過程における優位性は、カスミザクラ、ウワミズザクラ、エドヒガンの順になると結論される。これらの結果は繁殖可能な個体の個体数密度および胸高断面積合計の種間差は、アカマツ林における実生や稚樹の定着の違いを直接説明できないことを示している。ただし、

本研究では開花の有無に基づいた樹木の個体サイズを指標としており、花の量そのものについては言及していない。今後、量的評価について光環境²⁴⁾や樹勢⁶⁾の観点から検討する必要がある。さらに開花から種子の成熟および散布までの諸過程には、さまざまな樹種特性や環境応答がある¹⁵⁾。例えば開花から結実に至る割合(結実率)は、10%以下から90%以上まで樹種によって大きく異なる¹⁰⁾。エゾヤマザクラの結果率は個体や樹冠の部位によって異なるが、これは訪花昆虫の多寡の影響を強く受けているものと考えられ、逆に葉量の影響はそれほど大きくない¹⁵⁾。さらに樹木では種子生産に豊凶が認められることが一般的であり¹⁰⁾、ウワミズザクラでも隔年周期²²⁾や3年周期¹⁵⁾が報告されているが、カスミザクラでは目立った豊凶がない⁹⁾。本研究では繁殖開始サイズが明らかになったが、さらにサクラ属の開花量や種子散布量の違いを明らかにするためには、より多様な視点から様々な繁殖過程に関する比較研究が必要だろう。

謝 辞

信州大学農学部附属 AFC 教職員のみなさまには調査にあたり便宜を図っていただいた。馬場多久男氏には以前の演習林管理に関して貴重な情報をご提供いただいた。また造林学研究室の矢川健太氏、宿谷光平氏、野畑彩乃氏、水野佑紀氏、森本壮一郎氏には調査を補助いただいた。ここに厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 馬場多久男 (1999) 葉で分かる樹木. 信濃毎日新聞社, 長野市. 404pp.
- 2) 坂奈穂子・井出雄二 (2004) 湯松曾川流域におけるユビソヤナギの生活史特性. 東京大学農学部演習林報告112: 35-43
- 3) Crawley, M.J. (1997) Life history and environment. In Crawley, M.J. (ed.) "Plant Ecology". Blackwell Science, Oxford. pp.73-131
- 4) 藤田さとみ・東中祐美子・金澤弓子・鈴木貢次郎・濱野周泰・染郷正孝 (2010) 福島県内のサクラの巨木. 樹木医学研究14: 118-120
- 5) Harper, J.L. (1977) Population biology of plants. Academic Press, London. pp.653-664
- 6) 今西純一・奥川裕子・金鉉・飯田義彦・森本幸裕・山中勝次・小島玉雄 (2011) 開花期のサクラ類の活力度評価: 奈良県吉野山のヤマザクラを事例とした検討. 日本緑化工学会誌37: 9-14
- 7) 石田弘明・浅見佳世・黒田有寿茂・青木秀昌・服部保 (2009) 猪名川上流域における希少樹種エドヒガンの生育立地と個体群構造. 保全生態学研究14: 143-152
- 8) 巖佐庸 (2008) 生命の数理. 共立出版, 東京. pp.123-134
- 9) 勝木俊雄 (2009) 日本樹木誌 一, 森と木と人のつながりを考える. 日本林業調査会, 東京. pp.215-226
- 10) 菊澤喜八郎 (1995) 植物の繁殖生態学, 蒼樹書房, 東京. pp.133-135
- 11) 正木隆・陶山佳久 (2011) 樹木の繁殖と種子散布. 日本生態学会 (編)「森林生態学. 共立出版, 東京. pp.136-153
- 12) 松浦亮 (1999) 北大構内植栽ミズナラの着果をめぐって: 林木着花樹齢と着花サイズを考える. 日本林学会北海道支部論文集47: 48-50
- 13) 中静透 (2008) 森のスケッチ. 東海大学出版会, 東京. pp.146-149
- 14) Nanami, S., Kawaguchi, H., Yamakura, T. (2005) Sex ratio and gender-dependent neighboring effects in *Podocarpus nagi*, a dioecious tree, *Plant Ecology* 177: 209-222
- 15) 水井憲雄 (1993) 落葉広葉樹の種子繁殖に関する生態学的研究. 北海道林業試験場報告30: 1-67
- 16) 大場秀章・川崎哲也・田中秀明・木原浩 (2007) 新日本の桜. 山と溪谷社, 東京. p.26
- 17) Poething, R.S. (1990) Phase change and the regulation of shoot morphogenesis in plants. *Science* 250: 923-930
- 18) Shibata, M. & Tanaka, H. (2002) Reproductive traits of Trees in OFR. In Nakashizuka, T. & Matsuura, Y. (eds.) "Diversity and Interaction in a Temperate Forest Community", pp.95-108, Springer-Verlag, Tokyo
- 19) Silvertown, J.W. (1992) 植物の個体群生態学 第2版 (河野昭一・高田壮則・大原雅 訳). 東海大学出版会, 東京. pp.136-157
- 20) 城田徹央・宮内郁美・齋藤大・丸山一樹, 岡野哲郎 (2015) 信州大学農学部構内のアカマツ林に自生するサクラ属3種のサイズ構造と空間分布. 信州大学農学部 AFC 報告13: 59-67
- 21) 高橋由佳・長谷川幹夫・図子光太郎・相浦英春 (2013) 富山県のスギ人工林皆伐跡地における実生更新初期段階の稚樹の動態. 日本森林学会誌95: 182-188
- 22) 丹原哲夫 (1999) 落葉広葉樹数種の結実特性: 落葉広葉樹8種の広葉樹母樹林での数年間の種子落下量. 森林応用研究8: 137-142
- 23) 谷口真吾 (2007) 皆伐地に出現した高木性樹種の種数変化と隣接する広葉樹林までの距離. 兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告54: 10-13
- 24) 上原三知・重松敏則 (2006) 九州の二次林におけるヤマツツジおよびコバノミツバツツジの着花数と環境条件との関係. ランドスケープ研究69: 593-596

Critical size of reproduction of three *Prunus* species growing in Japanese red pine forests in campus of Faculty of Agriculture, Shinshu University

Tetsuo SHIROTA¹, Ikumi MIYAUCHI¹, Dai SAITO², Kazuki MARUYAMA² and Tetsuo OKANO¹

¹Faculty of Agriculture, Shinshu University

²Faculty of Agriculture, Gradiated School of Shinshu University

Summary

The critical sizes of reproduction: CSR of three *Prunus* species (*P. grayana*, *P. verecunda*, and *P. pendula* f. *ascendens*) were surveyed in Japanese red pine forest of the Experimental Forest of Shinshu

University. The CSR was the smallest in *P. verecunda*, and the largest in *P. pendula* f. *ascendens*. The CSR of *P. grayana* was suppressed by the red pine's canopy, suggesting that reproduction of *P. grayana* would be limited in shaded conditions. Based on the each CSR and inventory data, it was concluded that *P. verecunda* would have an advantage in number and summation of cross-sectional area of stem of the reproductive trees.

Key words : *Prunus*, critical size of reproduction, quantify of reproductive population