

# マツ属の開花に関する研究 (I)

クロマツとアカマツの開花期について

中井 勇・大畠 誠一・真鍋 逸平  
藤本 博次・加藤 景生・赤井 龍男

## はじめに

交雑育種では、育種の目標に沿った特性種間の組合せ交雑を行ない、生産性のたかい、しかも利用度のたかい種をつくることにあるが、その生産を容易にするための技術的な問題の一つとして、雌、雄花の開花期を適格に知ることがあげられる。マツ属の交雑では通常新鮮花粉を用いるが、育種の目的とする種の開花期がかなり異っている組合せでは、やむをえず、前年度の貯蔵花粉を用いている。しかし、同じ種でも異った地域の環境下で生育している場合、その開花期にかなりの開きがあり、この開きを効果的に利用することによって、常に新鮮花粉が供給されるものと考えられる。

こうした視点から、筆者らは外国産マツを含めたマツ属のわが国における開花時期を調べ、花粉の採取時期、交雑可能時期などを明らかにしようとしている。しかしながら、園芸用花木類の開花期に関する調査や推定にくらべると、マツ属の開花に関する研究はほとんど行なわれていないと言える。数少ない報告から<sup>1-8)</sup>、北半球に分布するマツ属の開花期は、おおむね、4月上旬から6月下旬と推定され、同時に比較的低地に分布生育する硬松類 (*Diploxylon*) は早い時期に開花し、比較的高地に分布生育する軟松類 (*Haploxylon*) はおそい時期に開花することが推測される。

そこで、本報告ではマツ属の開花期に関する研究の第1報として、わが国の主要針葉樹であるクロマツ (*Pinus thunbergii* Parl.) とアカマツ (*P. densiflora* Sieb. et Zucc.) を対象とし、定地観測による開花期の年変動、標高差と開花期、開花期の地域差について調べ、とりまとめたものである。

なお、本調査では一部アンケートによる調査を行なった。これには、国、公立大学の農学部附属演習林、国、府、県立林業試験場、林木育種場等の関係機関の協力を得たものであり、ここに記し謝意を表す。

## 調査の方法

本報告では3つの調査による結果をとりまとめたものであり、それぞれの調査において若干異った点もあるが、開花期日については、いずれも花粉の飛散時期によって決める統一的方法によった。花粉飛散については初期、最盛期、終期に分けて、1個体についての期日を調べたものや数個体を対象とした調査も含まれている。また、調査木の樹齢は各調査を通じて統一して調査できなかったが、調査木は種子形成可能な個体であった。

開花期の年変動についての調査は京都大学農学部附属演習林上賀茂試験地 (北緯35°04', 東経135°45', 標高140 m) において、1963~'65, 1976~'82年の10年間にわたって行なった。調査木

はクローンの数個体を対象として行ない、開花期は個体ごとの花粉飛散の最盛期と雌花の熟度の<sup>1,2)</sup>両面から調べ、その平均値を求めた。

開花期の標高差についての調査は京都市の東山連峰の北端にある比叡山の八瀬(110 m)から四明獄のケーブル沿線と山頂(832 m, 標高差約700 m)間に分布する天然生アカマツ(樹齢推定40~50年生)について行なった。開花期は花粉の飛散時期を調べる方法で行ない、1979年4月下旬から山頂の開花が終了する5月下旬までの期間、2~3日間隔で観測した。

開花期の地域差についての調査は1979年にクロマツ、アカマツの天然分布地域と北海道、沖縄などの植栽木を対象とした地域を加えた20数ヶ所で、それらのほとんどはアンケート調査によるものである。各調査地における調査は1個体の開花期を調べたものから数個体を調べたものまで種々あった。そのため、数個体の調査での場合における開花日は平均化した値とした。開花期は花粉の飛散最盛期とした。

開花温度などの気温と開花期についての検討では各調査地附近の調査年度の気象資料にもとずき推定した。

## 結果と検討

### 1) 上賀茂試験地における開花期の年変動

一般に植物における開花の年変動は気温の変化による影響が大きく、初春高温の続く年には開花が早まり、逆に低温の続く年にはおくれるなどの現象がみられる。こうした一般的な開花現象に注目し、マツ属の開花の年変動と気温との関係について、上賀茂試験地での10年間の観測結果からとりまとめた。

調査結果は図-1に示すように、年による開花期のちがいがみられ、この期間内で最も早い開花年は1964年のクロマツ4月20日、アカマツ4月27日であり、最もおそい開花年は1965年のクロマツ5月12日、アカマツ5月18日であった。両種の平年時の開花期については、かなりの変動をとまうが、おおむね、クロマツで4月30日、アカマツで5月10日頃と考えられる。

クロマツとアカマツの開花期の関係は図-2に示すとおり、開花期のちがいと無関係に直線回帰でき、たかい相関係がみられた。この図からみると、アカマツの開花期はクロマツの開花期より約1週間おくれる。しかし、両種の開花期の開きは一般的でなく、地域によるちがい(後述)のあることから、当試験地での開花期の開きと言える。

年による開花期のちがいは、花芽の内部組織が開花に向って順調に発達していても、開花間近い頃の天候によって影響されるようであり、冷え込む日の続く場合には開花はおくれ、暖かい日

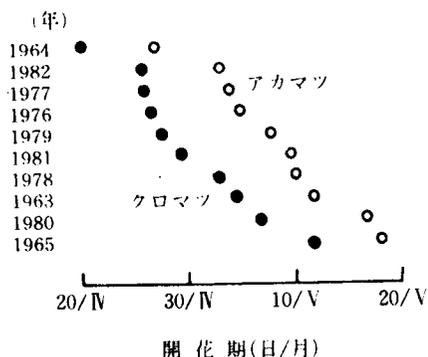


図-1 クロマツ・アカマツの開花期のちがい

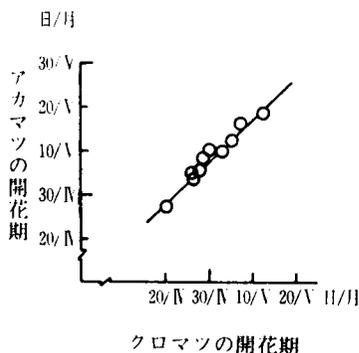


図-2 クロマツとアカマツの開花期日の関係

の続く場合には早く開花するなど開花と気温の関係を決定するための要因は非常に複雑である。とくに、マツ属はサクラやウメなどの花と形態的に異なり、花芽は冬芽の中にあつて、冬芽の開芽、伸長生長に伴って発達するため、開花と気温の関係についての検討では、これらの事柄を含めて考える必要がある。

橋詰<sup>3)</sup>の研究によると、鳥取地方ではクロマツ、アカマツの雄花の発達は開花前年の7月上旬頃に花芽の原基分化が始まり、10月になると胞原細胞の分裂期に入る。そして、この分裂は12月の月上旬頃一旦休止し、翌年の暖かくなった3月上旬頃に再び始まる。4月の月上旬になると、両種とも花粉形成期に入り、クロマツでは4月中旬、アカマツでは4月下旬に形成を終える。一方、雌花では開花前年の8月下旬に花芽の原基分化が始まり、胚珠の分化期は開花年の4月上、中旬に始まっている。

上賀茂試験地でのマツ属の冬芽の開芽や伸長生長の開始は3月上旬頃一斉に始まる。鳥取地方と上賀茂試験地の春先の気象環境は比較的似かよっていると考えられることから、この時期と花芽の細胞分裂の再開する時期がほぼ一致しているとみてよい。開花期は主軸の伸長が70~80%程度に達した頃に最盛期を迎え、クロマツでは4月中、下旬、アカマツでは5月上、中旬頃に花粉飛散の最盛期となる。

開花期と気温の関係では、主軸の伸長開始する頃、雄花の胞原細胞の分裂が再開する頃の3月上旬(日平均気温5℃を越える頃)を发育零点として、その後の最高、最低、平均気温と日積算温度を計算し検討した。平均気温は普通定時観測値を用いるが、広い地域を比較する場合、その値は適正でない場合が見られることから、日最高、最低気温から日平均気温を求めた。

開花平均気温は図-3に示すとおり、3月から5月までの旬平均気温にもとづいて直線回帰し、開花日との交点値からおおまかに推定した(日平均気温ではバラツキが大きく、全体的傾向を調べる際に困難な点があったためである)。このようにして求めた年ごとの開花平均気温は

図-4に整理され、クロマツでは15.2℃、アカマツでは16.7℃の近似線が求められた。しかし、その範囲は±1.0℃とみてよく、クロマツでは14~16℃、アカマツでは15.5~17.5℃と考えられる。

クロマツとアカマツの開花平均気温の関係

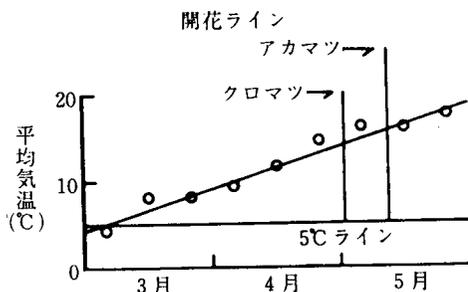


図-3 開花期日と旬平均気温

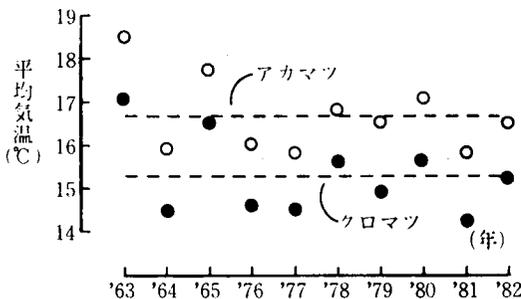


図-4 調査年ごとのクロマツ・アカマツの開花平均気温

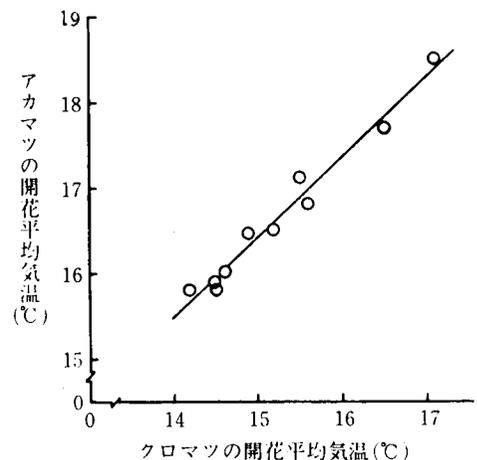


図-5 クロマツとアカマツの開花平均気温の関係

(図-5) はバラツキの小さい直線で近似され、式  $Y=0.940X+2.31$  ( $Y$ : アカマツ,  $X$ : クロマツの開花平均気温) で有意であった。この式から推定される両種の開花平均気温差は気温の低い時には大きく、気温のたかまるに従って小さくなる傾向を示した。

平均気温の上昇速度の定数 ( $a$ ) は図-3 で回帰した直線が  $5^{\circ}\text{C}$  を切る交点を基点として、開花日までの日数から求めた。調査年ごとの上昇速度の定数 ( $a$ ) と開花日までの日数の関係はバラツキをとともなうものの直線で近似され、定数の大きい年における開花日数 ( $5^{\circ}\text{C}$  を切ったからの日数) は短かく、逆の場合には長い。言いかえれば、気温のたかい日の続く年には早く開花期を迎えることになる。クロマツとアカマツの関係についてみると、ほぼ平行線で近似され、定数 ( $a$ ) が小さくなるに従って両種の開花日数が接近する傾向を示し、気温の低い日が続く年には開花期の開きの小さくなることを意味している (図-6)。このように、年による開花期のちがいは開花平均気温のちがいや気温の上昇速度のちがいなどによって表わされたが、開花にいたるまでの花芽の発達には気温の蓄積量 (日積算温度) の影響していることが考えられる。

積算温度は、一般に、比較的低温で生育する植物は  $5^{\circ}\text{C}$ 、温帯で栽培されるものは  $10^{\circ}\text{C}$ 、高温を必要とするものでは  $15^{\circ}\text{C}$  を基準温度としている。そのため、クロマツ、アカマツの開花における日積算温度の基準温度を検討した結果、クロマツでは基準温度  $5^{\circ}\text{C}$  とした場合の日積算温度は、ほぼ  $300^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  を示し、基準温度  $6\sim 9^{\circ}\text{C}$  では  $1$  度増すごとに  $50^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  ずつ低下し、基準温度  $10^{\circ}\text{C}$  以上では  $25^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  ずつ下降した。アカマツでは基準温度  $5^{\circ}\text{C}$  で  $400^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 、 $6\sim 10^{\circ}\text{C}$  までの間ではそれぞれ  $50^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  ずつ低下し、それ以上では  $25^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  ずつ下降した。それぞれの基準温度ごとの日積算温度値はかなりのバラツキがみられ、比較の変異巾の小さい範囲は基準温度  $5\sim 9^{\circ}\text{C}$  であった。しかし、開花の日積算温度に関する基準温度の決定に関して明らかな決め手が得られなかった。そのため、とりあえず両種に関して  $5^{\circ}\text{C}$  を基準温度とした。そこで、クロマツ、アカマツの開花期と日積算温度の関係について、開花の早かった年 (A)、平年 (B)、おそかった年 (C) を検討した (図-7)。開花期までの日積算温度は B、C 年ではほとんどかわらない値となっているが、A 年では B、C 年より低い積算量で開花している。A 年と B、C 年との日積算温度量の開きはクロマツで  $50^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ 、アカマツで  $30^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$  であるが、日積算温度の季節変化は A、B、C 年とも 4 月初め頃までとそれ以後で大きな差がある。すなわち、開花期のちがいは 4 月初旬まで、ほぼ同じ程の積算量であっても、それ以後の気温の変化による積算量の多少が関係しているようであり、初春の気温が急に暖くなる年では早く開花し、そうでない年にはおくれるものと考え

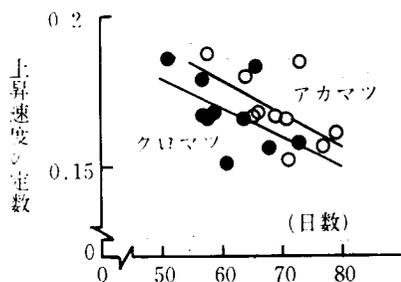


図-6 旬平均気温が  $5^{\circ}\text{C}$  になってから開花日までの日数と日平均気温の上昇速度定数 ( $a$ ) の関係

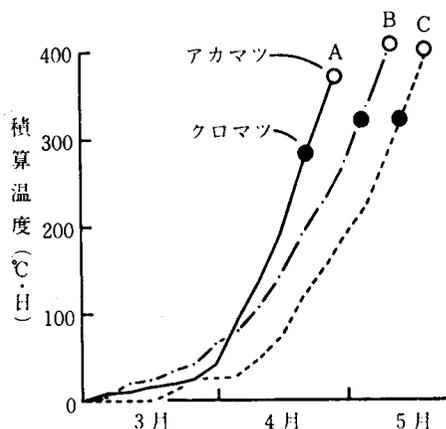


図-7 開花の早い年 (A)、平年 (B) とおそい年 (C) ごとにみた日積算温度の変化

られ、気温の上昇速度と開花期の関係とよく似ていた。

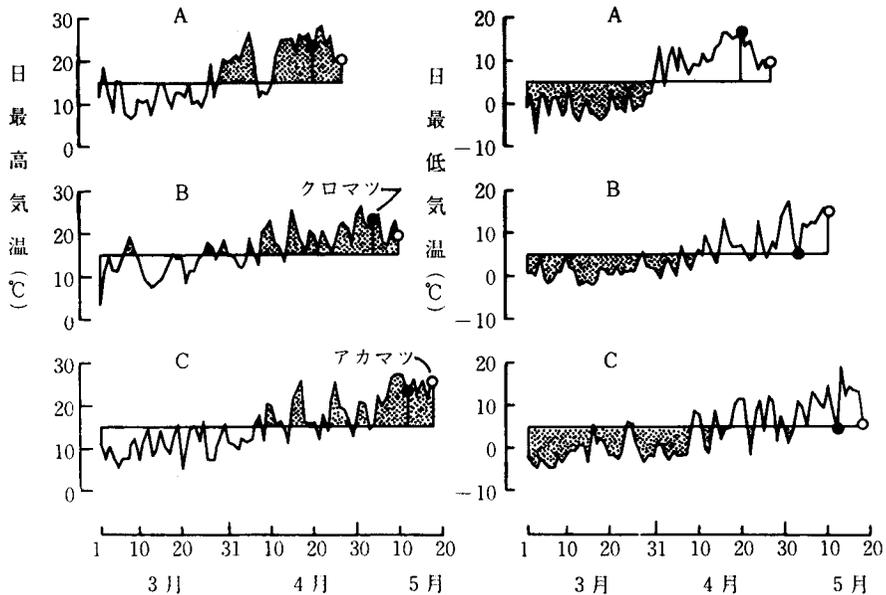
先にもふれたように、マツ属の花芽は他の植物と異なり、冬芽の開芽、主軸、枝軸の伸長生長とともに発達することから、一つの器官で生殖生長と栄養生長が同時に進行することになる。栄養生長と気温の変化とは深い関係のあることから考えると、開花期と気温変化との関係は当然相関々係にあると言える。ただし、積算温度は開花期と直接的に関係するのではなく、開花の準備段階として関与すると考えられ、開花日そのものは最高気温や最低気温などに大きく影響を受けると思われる。

図一8はA, B, C年を例にとり、開花前の約2ヶ月間の気温の変化を示した。この場合、最高気温で15℃、最低気温で5℃以上と以下を任意に区別した。これによってわかるように、開花の早かったA年では他の年に比べ、最高気温15℃以上の連続した日が早い時期に訪ずれ、また、最低気温5℃以下の日は4月になってからまったくみられない。一方、開花のおそかったC年では最高気温は4月10日頃になって15℃以上となるが断続的であり、連続的になるのは5月になってからである。また、最低気温では4月の下旬まで断続的に5℃以下の日があった。このように、開花の早い年には早い時期から気温のたかい日が続き、しかも温度較差の小さい傾向にあるのに対して、開花のおそい年では気温のたかくなる日がおそく、しかも断続的であり、温度較差の大きい傾向を示した。したがって、こうした開花期前の気温の変化が開花期に大きく影響しているとも考えられる。

## 2) 標高差と開花期

同じ植物の開花期は標高がたかくなるに従っておくれる。この現象についてはマツ、サクラソ<sup>5)</sup> <sup>11)</sup>の他の植物で観測されている。本調査では標高の異なるところに生育するアカマツの開花期のち<sup>12,13)</sup>がいつについて検討した。

開花期は5月の初旬から下旬にわたって、標高がたかくなるに従っておくれ、山麓と山頂では約15日のちがいがみられた。この開花期と高さの関係は図一9に示すとおり曲線( $Y=1.714X^{1.893}$ , Y: 標高m, X: 5月1日からの日数)で回帰でき、開花線は5月10日~15日では1日当り



図一8 開花の早い年(A), 平年(B)とおそい年(C)における日最高、最低気温の変化

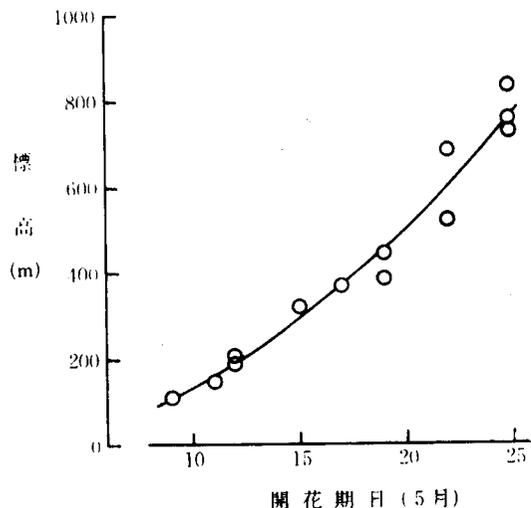


図-9 アカマツの開花期日と標高との関係

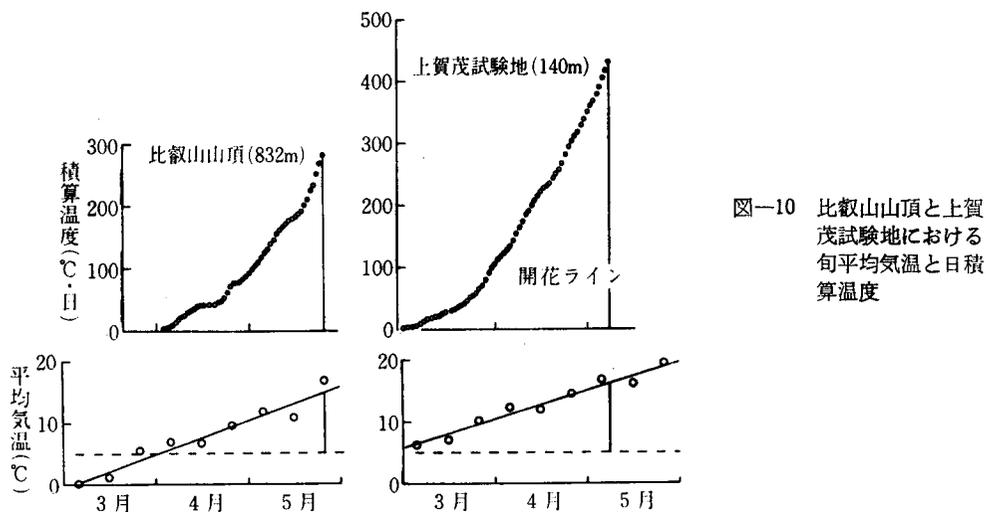


図-10 比叡山山頂と上賀茂試験地における旬平均気温と日積算温度

31 m, 16日～20日では 42 m, 21日～25日では 52 m と月の後半になる程速度を増して上昇する。このように標高差と開花期の間において、ほぼ一定の傾向のみられたことは気温の変化と関連した動きとみなされる。

調査木の標高ごとの開花平均気温を推定する前に、比叡山山頂と上賀茂試験地での同じ年の開花期と気温の変化についてみると図-10のとおりであった。開花平均気温は比叡山山頂で15℃、上賀茂試験地で16.6℃を示し、その開きは約2℃であり、平均気温の上昇速度定数は比叡山山頂の方がやや大きく、生物の活動し始める日平均気温5℃となる時期は1ヶ月あまりの開きがみられた。また、平均気温5℃を基準とした開花日までの日積算温度量は比叡山山頂で300℃・日で上賀茂試験地の値より100℃・日低かった。

調査木の標高ごとの気温の推定は上述した比叡山山頂と上賀茂試験地の気象資料から算出した。比叡山山頂と上賀茂試験地における3月から5月までの日平均気温の関係は  $Y=1.140X-7.08$  (Y:比叡山, X:上賀茂試験地の日平均気温) で示され、 $r=0.9722$ ,  $P<0.001$  で有意であった。この関係式から、各調査木の標高での気温を知るための定減率を求

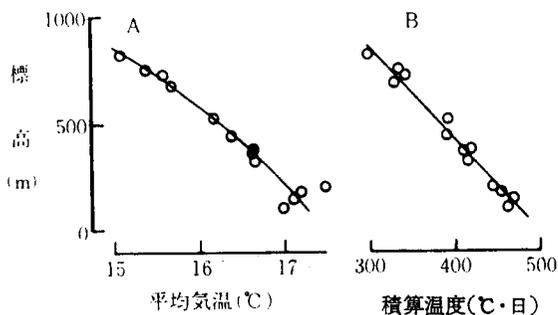


図-11 標高別にみた開花平均気温 (A) と日積算温度 (B)

めた。定減率は一般に理論値  $0.55^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  が用いられるが、推定をより正確にするため、気温階を  $5^{\circ}\text{C}$  ずつにした定減率を求めた。これによると、気温の低い日には大きな定減率を示し、気温のたかい日には定減率の小さい傾向を示した。

標高差に対する開花平均気温、日積算温度は図-11に示され、この両関係から共に標高のたかくなるに従って低温で開花期に達することが示された。

本調査では山麓と山頂で約  $700\text{ m}$  の標高差があり、この標高差での開花期は約15日の開き<sup>5)</sup>が認められた。開花と標高との関係について、Duffield は *Pinus ponderosa* で調べ、 $1000\text{ ft.}$  で8日間の開きを観測し、また、渡辺<sup>11)</sup>は本調査地と同じ場所でサクラの開花について調べ、約2週間の開きを観測している。これらの調査では気温の変化について詳しく検討されていないが、多分、本調査と同じ傾向を示すものと思われる。植物はその生育場所の気象環境に適応して生育していることから考えると、標高のたかい場所、寒い場所では低温で生育するためのリズムを獲得しているのかも知れない。この点についての詳しい検討が必要である。

### 3) わが国における開花期の地域差

わが国におけるクロマツとアカマツの開花期はアンケートによって全国の関係機関の協力を得た結果、表-1に示す22ヶ所（沖縄での開花期は栽培中の個体であった関係から、年変動が大きく、同じ種でも2月中旬と3月中旬の開きがあったため本調査から除いた）の回答結果から検討した。今回の調査で集めたクロマツとアカマツの各地域での開花期日を図示すると図-12、13のとおりである。

調査地の緯度と開花期の関係は、クロマツでは北緯35度までの地域で4月中に、北緯40度までの地域で5月中に開花している。アカマツでは北緯35度までの地域で5月中旬までに、北緯40度までの地域は5月下旬までに開花している。両種の開花期の開きは低緯度地域では約2週間であり、高緯度に向うに従って次第に開きが小さくなり、両種の分布の北限である青森地方ではわずかな開きとなることが推測された（図-14-A）。このように、両種とも高緯度となるほど開花期がおくれる等の現象は Hopkins<sup>12)</sup>によって調べられた緯度1度で平均4日の割合で変化することとよく一致している。

植物の分布地域を一元の環境勾配によって表現する方法として、暖かさの指数 (WI) がある。この指数と開花期の関係を検討するために、気象資料の十分整っている調査地では10年間の平均値<sup>14)</sup>から、資料の整なわなない地方では理科年表での最寄りの観測地の資料を用い標高差を考慮して指数値を推定した。

両種の地理的分布を WI からみると、クロマツでは  $142\sim 76^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ 、アカマツでは  $142\sim 42^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$  の範囲であり、わが国では青森から屋久島まで天然分布していると言われている。<sup>15)</sup>

調査した開花期と分布域の WI の関係は図-14-B に示され、クロマツ、アカマツ ( $Y = -1.205X + 148.78$ ,  $r = -0.9262$ ,  $Y = -1.545X + 176.09$ ,  $r = -0.9768$ ) とともに開花期と



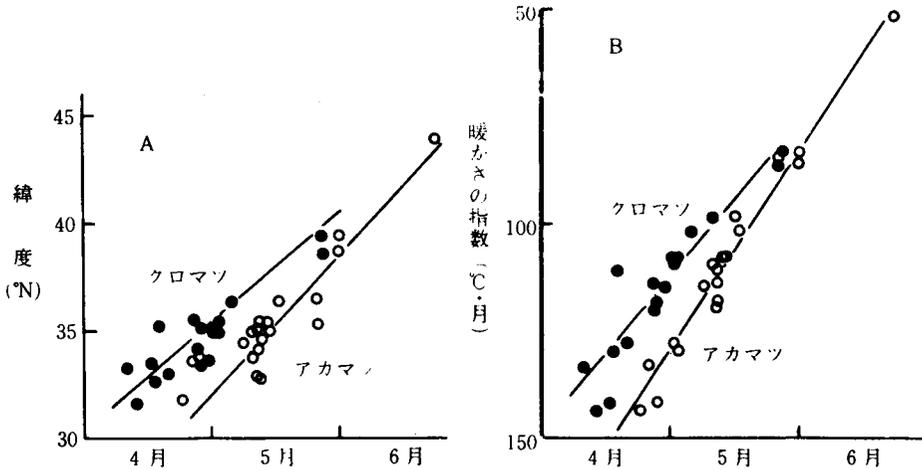


図-14 クロマツ・アカマツの開花期を分布緯度 (A) と暖かさの指数 (B) からみた関係

までの日数)。クロマツが4月中に開花する地域は WI 110℃・月以上で、5月中に開花する地域は WI 110℃・月以下と言える。また、アカマツが4月中に開花する地域は WI 130℃・月以上、5月中に開花する地域は WI 130~85℃・月であり、それ以下の WI の地域では6月中に開花する。したがって、暖かい地域では早い時期に開花し、寒い地域程開花のおくれる現象がみられた。また、両種の開花期のちがいは暖かい地域で2週間、寒い地方で1週間ぐらいの開きとなり、寒い地域へ向うに従って開花期の接近する傾向を示した。

両種の開花平均気温は各調査地の開花日とその1~2ヶ月前の気象資料にもとずいて旬、半旬平均値を直線回帰し、開花日との交点値とした。推定された各調査地の開花平均気温と WI 値との間では、一部の地域を除き、バラツキをとまなうものの、クロマツでは  $Y=0.0562X+0.767$  ( $r=0.675, P<0.002$ ), アカマツでは  $Y=0.0491X+10.134$  ( $r=0.623, P<0.005$ ) の直線関係が成り立った ( $Y$ =開花平均気温,  $X$ :分布地域の暖かさの指数)。このことは、両種とも暖かい地域に分布するマツは開花平均気温のたかくなる傾向にあって、WI 100℃・月の地域では、クロマツ13℃, アカマツ15℃, WI 150℃・月の地域ではそれぞれ16.5℃, 17.5℃と推定され、両種の気温差は暖かい地域でやや小さくなっている (図-15)。

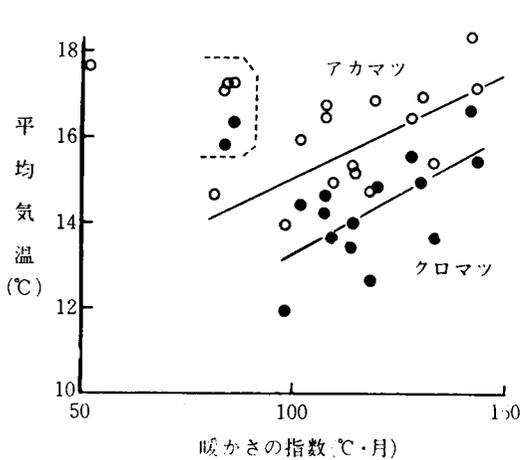


図-15 暖かさの指数と開花平均気温

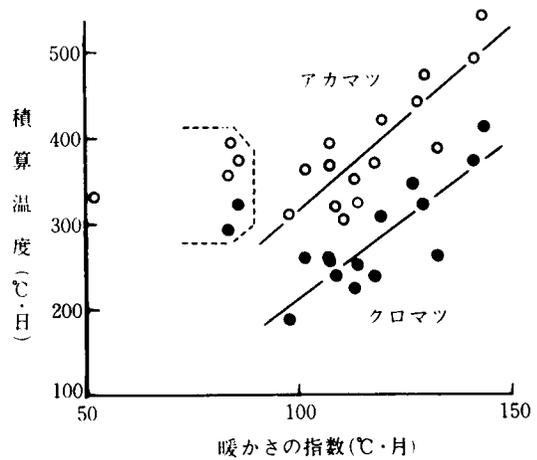


図-16 暖かさの指数と日積算温度

各調査地でのおおまかな日積算温度は一部の地域を除き、バラツキをとまなうが WI との間で直線回帰でき、(クロマツ： $Y=3.724X-160.209$ ,  $r=0.8403$ ,  $P<0.001$ , アカマツ： $Y=4.316X-116.932$ ,  $r=0.8334$ ,  $P<0.001$ )、クロマツでは WI 100℃・月で200℃・日、150℃・月で400℃・日、アカマツではそれぞれ310℃・日、550℃・日を示し、寒い地域程少ない積算量で開花している(図-16)。

上述の検討で除いた地域は北海道、秋田、山形、群馬であって、これらの地域ではその他の地域と同様の傾向を示さず、開花平均気温や日積算温度でたかい値となった。これと同じ現象が、ウメの開花日、ウグイスの初鳴日、モンシロチョウの初見日の平均温度でみられ、とくに寒い地方では気温が急激にたかくなることが見出されている。この現象を解明するために、ポプラで実験された結果は、凍結による影響のあることが指摘されている。<sup>16)</sup>

寒い地方ではマツの開花時期が初夏に始まる関係から、春先に開花する地域より日平均気温の上昇速度が大きいために上記の現象となったものと考えられる。調査地の WI と日平均気温の上昇速度定数(a)との関係からみると、WI 100℃・月以下の地域では定数値のたかくなる傾向がみられる。この現象については今後の資料収集によって検討したい。<sup>17)</sup>

以上、わが国におけるクロマツ、アカマツの開花時期について20数ヶ所の資料から検討した結果、両種の分布域内の水平的な広がりによる開花期の差は南から北へ約2ヶ月の開きのあることが明らかとなった。また、開花平均気温は北へ向うに従って低くなり、花芽の発達に必要と考えられる積算温度量も同様の傾向を示した。ただし、とくに寒い地方では、温暖な地域と異なる傾向を示した。この点に関しては、多くの資料による詳しい検討が必要である。

## 総 括

わが国におけるクロマツ、アカマツの開花期を知るために、年変動、標高差、地域差等について検討した。その結果、同一地点(暖かさの指数 120℃・月)での開花期の年変動は気象条件が大きく変わる年を除き1週間程度と推定された。さらに、両種の開花期の開きは通常10日あまりあり、開花の早い年はおそい年よりもその開きの大きくなることを示した。このことは気温の上昇速度との深い関係を意味した。開花平均気温はクロマツで15℃、アカマツで17℃と推定でき、花芽の発達と関係すると思われる日積算温度量はクロマツで300℃・日、アカマツで400℃・日程度であり、開花期のちがいは最高、最低気温の変化も大きく影響しているように思われた。<sup>4)</sup>

開花の年変動について Dorman and Barber はアメリカの Southern pines の花粉の熟期について調べ、約3週間以上の変動のあることを報告し、Wright は Hard-, Soft-wood について調べ、約2週間程度としているが、いずれもその年の気象の変化と深い関係のあることを認めている。サクラでは気温の寒暖の多少の変異があっても、平年の開花にくらべ数日早い、おそい程度であり、<sup>16)</sup> マツとくらべるとサクラでは、開花期の年変動巾の少ないことが推測される。これは樹種によるちがいが、すなわち、花の形態形成上のちがいによるものと考えられる。

開花期の水平的な広がりとは垂直的な動きの関係は、分布域が南から北、標高が低地から高地へ進むに従って(暖かい地域から寒い地域)開花期がおくれ、開花平均気温や日積算温度量においても高温から低温へと変化する一定の傾向がみられた。この結果は、永田らが調べた植物の開花、動物の初見、初鳴時の平均気温とその地域の降霜日数との関係と一致している。こうした現象は、種の分布域内の変動と関連し、植物は気温の影響を強く受けていることから、同じ種であっても分布する地域の気象環境によって若干気温に対する感応が異なっていると推測される。<sup>16)</sup> さらに、永田らは例外として、きわめて寒い地方では、開花期の平均気温が著しくたかくなることに注目し、日最高気温の0℃以下となる日(真冬日)の多い地方では、花芽の凍結によって休

眠の深まることを明らかにしている。マツ属の開花期の平均気温においても、寒い地方では他の地方より高温となっている。この現象は多分、寒い地方での開花が初夏に訪ずれることにより、気温の上昇速度が大きくなるものと推測された。また、花芽の発達に必要と考えられる日積算温度量は、暖、寒地方によってかなりのちがいのあることを考慮すると、同じ種でも、その基準温度が異なるものと推測され、植物のある生理現象にもっとも有効に利用できる気温域が存在し、ある一定温度より高い気温は有効でないのかも知れない。

サクラの開花日の予想はツボミの重さの増え方から推定する方法のほかに気温による方法がある<sup>10)</sup>。気温による方法は地方によって用いる諸要因がかなり異っている。このことは、全国的に画一的な方法で予想するむつかしさを物語っている。マツ属の開花期の推定に際しても画一的な推定方法は困難で、地方ごとの推定方法を確立する必要がある。さらに、マツ属の花は他の植物の花と形態形成の上で異なり、冬芽の中に花芽をもち、冬芽の開芽、伸長にともなって花芽が発達し、開花する。そのため、マツ属の開花期の推定は冬芽の開芽期、伸長開始期を考慮に入れた検討が必要と考えられる。

## 引用文献

- 1) 中井 勇・藤本博次・稲森幸雄・伊佐義朗・佐野宗一：マツ類の交雑育種に関する研究（Ⅰ），クロマツの種内交雑ならびに他のマツ類数種との種間交雑の可能性，京大演報 39, 125~143 1967
- 2) 中井 勇・藤本博次・伊佐義朗：マツ類の種間交雑に関する研究—受粉時期およびその回数と種子稔性の関係—，林業技術 299, 25~27, 1967
- 3) 橋詰隼人：針葉樹の花芽分化，花性分化とその調節に関する研究，鳥取大学農学部演習林報告 7, 14~18, 1973
- 4) Keith W. Dorman and John C. Barber : Time of flowering and seed ripening in Southern Pines. U.S. Dep. of Agr. For. Serv. Station paper No. 72, 1~15, 1956
- 5) John W. Duffield : Pine pollen collection dates—annual and geographic variation. U.S. For. Serv. California Forest and Range Expt. Sta., Forest Res. Note 85, 9, 1953
- 6) Millett, M.R.O. : Pollen shed of Monterey pine. Austral. Commonwealth Forestry Bur. Leaflet. 59, 8, 1944
- 7) Thomas D. Rudolph : Stimulation of earlier flowering and seed production in Jack pine seedling through greenhouse and nursery culture. U.S. For. Serv. Res. P. NC-6, 80~83, 1965
- 8) John W. Duffield : Dates and places of pollen collection by the institute of forest genetics. U.S. Dept. Agr. For. Serv. California Forest and Range Exp. Sta., Forest Res. Note No. 54, 1~5, 1947
- 9) 田中弘之・大畠誠一・赤井龍男：外国産マツ属の新梢の伸長と形態，京大演集報 11, 38~49, 1976
- 10) 百瀬成夫：日本の動植物季節前線図，丸ノ内出版 1974
- 11) 渡辺光太郎：桜記（Ⅰ）ソメイヨシノ，京都家政短期大学研究紀要 15, 62~70, 1976
- 12) Hopkins, A.D. : The bioclimatic law. U.S. Dept. Agr., Weather Bur. Monthly Weather Rev. Supplement No. 9, 1~44, 1918
- 13) Wright, Jonathan : Notes on flowering and fruiting of northeastern trees. U.S. For. Serv. Northeastern Forest Expt. Sta. Paper 60, 38, 1953
- 14) 東京天文台編纂：理科年表—昭和56年—丸善株式会社 1981
- 15) 沼田 真・岩瀬 徹：図説日本の植生，朝倉書店 1975
- 16) 永田 洋・万木 豊：樹木の生物季節学的研究（Ⅱ），サクラの開花，三重大学農学部学術報告 64, 11~20, 1982
- 17) 永田 洋：樹木の休眠に関する研究（Ⅰ），ポプラ冬芽の休眠の深さ（Ⅰ），日林誌 63(8), 263~272, 1981
- 18) 永田 洋・万木 豊：樹木の生物季節学的研究（Ⅰ），サクラの花芽形成と開花，三重大学農学部学術報告 63, 205~216, 1981