

樹木の生物季節学的研究（II）：サクラの開花

著者	永田 洋, 万木 豊
雑誌名	三重大學農學部學術報告 = The bulletin of the Faculty of Agriculture, Mie University
巻	64
ページ	11-20
発行年	1982-03-01
その他のタイトル	Phenological Studies in Woody Plants (II) : Flowering in Cherry Trees
URL	http://hdl.handle.net/10076/3125

樹木の生物季節学的研究 (II)

サクラの開花

永 田 洋・万 木 豊

Phenological Studies in Woody Plants (II)

Flowering in Cherry Trees

Hiroshi NAGATA and Yutaka YURUGI

NAGATA, Hiroshi & YURUGI, Yutaka: **Phenological studies in woody plants (II). Flowering in cherry trees.** *Bull. Fac. Agr. Mie Univ.* **64**: 11~20, 1982. In a deep dormant condition, flower buds of *Prunus lannesiana* WILSON f. *asahiyama* HORT. are not induced to open even under continuous light (CL) at 25°C. In this region, flowering can be induced under CL at 20° or 25°C in late December, at 15°C in mid-January, and at 10°C in late February. The longer the chilling (5°C) period, flowering can be induced at the lower temperature. The flowering temperature dropped between 10° and 15°C in mid-February. Temperature in flower-bud (2°~3°C higher than the air temperature in the sunshine) often rose over 15°C even in late February and flower buds began to develop to flowering. Accumulation of daily mean temperature when the cherry trees flowered 80% averaged 500 degree-days after the beginning of development to flowering. From the results, it is considered that flowering of *Prunus yedoensis* MATSUM. (flowering date is observed on a nation-wide scale by the Japan Meteorological Agency) can be induced at the higher temperatures in the warm winter regions with short frost period than in the cold winter regions with long frost period. In fact, the mean temperatures (normal value) of the average first flowering date varies considerably with regions in Japan. For example, in Miyazaki city the average frost period (from the average first frost date to the average last frost date) is 124 days and the mean temperature of average first flowering date is 12.5°C. While in Sendai city the average frost period is 175 days and the mean temperature of average first flowering date is 9.1°C. The mean temperatures (normal value) of average first flowering date are significantly related inversely to the average frost periods in *Prunus yedoensis*. In *Prunus mume* SIEB. et ZUCC., however, the mean temperatures of average first flowering date are significantly related inversely to the average frost periods only in the regions where ice days (maximum temperature < 0°C) do not exist at all or every year. Flowering of *Prunus mume* is markedly delayed in the regions with 4 or more ice days (average per year). Flowering in early spring (under the low temperatures) is delayed by ice days, but ice days do not delay flowering in late spring (under the high temperatures). Freezing (ice days) seems to have some different effects from non-freezing low temperature in breaking dormancy as observed in *Populus euramericana*.

永田 洋・万木 豊：樹木の生物季節学的研究 (II) サクラの開花, 三重大農学報 64: 11~20, 1982

サクラ (アサヒヤマ) の花芽は休眠の最も深い時期には25°C 連続光下でも開花しない。津地方では、このサクラは12月下旬には、20°, 25°C 連続光下で開花するようになり、1月中旬には15°C 連続光下で、2月下旬には10°C 連続光下で開花するようになる。また、低温処理 (5°C) を長くするほど、低い温度条件下で開花できるようになる。開花可能温度は2月下旬には10°~15°C にまで低下する。そして、花芽の温度は晴れた日には気温より2°~3°C は高いので、2月下旬には花芽は開花に向ってうごきだしてくる。一旦、花芽が開花に向ってうごきだすと、日平均気温の積算が500度日位になると満開になる。これらの結果から、冬の暖かい地方では冬の寒い地方より高い気温でソメイヨシノが開花していると考えられる。事実、日本各地でのソメイヨシノの開花日の平均気温には相当の差があり、降霜期間の長さと開花日の平均気温との間に有意な相関がみられる。しかし、ウメでは、この相関関係は真冬日がない地方と真冬日が毎年はみられない地方においてのみ有意である。ウメの場合、年平均真冬日が4日以上ある地方では、

開花はいちじるしくおくれる。すなわち、気温が高くなってから咲く。まだ気温の低い早春に開花するものは、真冬日によって開花がおくれるが、気温が高くなる晩春に開花するものは、真冬日によって開花はおくれない。凍結（真冬日）は、ポプラでみられたように、休眠解除において凍結をとまわらない低温とはちがった効果を持っているようである。

I. はじめに

樹木の冬芽の休眠に関する研究においても、全国的に調査されている気象庁の生物季節のデータの活用ができないものか、かねてから考えてきた。ポプラの冬芽は低温処理をすると休眠はさめてきて、その低温処理期間が長くなると、より低い温度で開芽するようになる¹⁾。この様な現象が自然条件下でもみられるのか、また、各地の特有の気候条件は開芽や開花に、どのような影響をおよぼしているのか。この気象庁の生物季節のデータを樹木の冬芽の休眠に関する生理生態学的研究の一助とする目的で、本報では主としてサクラについて検討した。

しかし、全国的に開花調査がなされているソメイヨシノは実験上取扱いが困難であるので、鉢植えして養成したオオシマザクラ系の1品種であるアサヒヤマ²⁾をもちい、これに種々の処理を与え、生物季節のデータと関連させ、主としてサクラの休眠について考察を行った。

II. 材料と方法

実験にもちいたサクラは、オオシマザクラ系の1品種アサヒヤマ (*Prunus lannesiana* WILSON f. *asahiyama* HORT) で接木後2～3年養成した鉢植え苗である。また、このサクラと比較するために、ウメ (*Prunus mume* SIEB. et ZUCC. cv. *michishirube*) の鉢植え苗とポプラ (*Populus × euramericana* cv. 'I-214') の切枝をもちいた¹⁾。低温処理を含めて実験上の全処理は連続光下でおこなった。照明には昼光色蛍光灯をもちい、植物体上部で1,000～1,500ルクスに調節した。

III. 結果

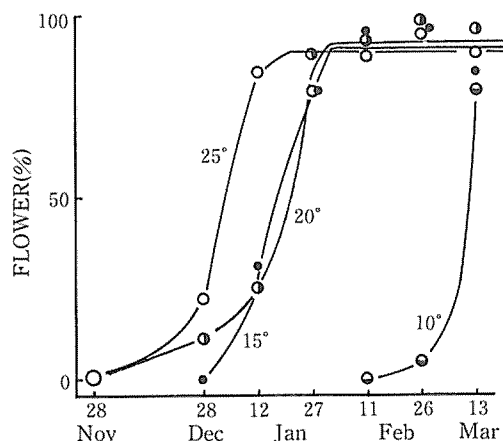
実験 I. 開花におよぼす冬の寒さと低温処理の影響

津地方で初霜があり落葉のはじまった1978年11月28日から翌1979年3月13日まで、自然条件下（野外）において鉢植えのサクラを、まだ落葉していない葉は人工的に除去し、7回にわたって25°、20°、15°、10°C 連続光下へ移し開花経過をしらべた。

50日間（図一）と70日間（図二）の開花率の変化をみると、25°および20°C では12月末から開花がみられ、

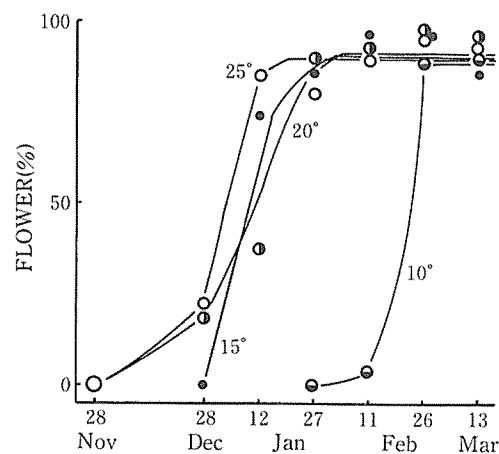
1月中旬からは15°C 以上で開花するようになる。しかし、野外で開花がみられる頃の平均気温である10°C で開花できるようになるのは、2月中旬以降であった。

これをポプラの開芽可能温度¹⁾と同じ方法で、サクラについての50日間と70日間での開花可能温度（80%の開



図一 種々の温度における50日間のサクラの開花率の変化

Fig. 1. Changes of flowering percentage of *Prunus lannesiana* f. *asahiyama* during 50 days under continuous light at various temperatures.



図二 種々の温度における70日間のサクラの開花率の変化

Fig. 2. Changes of flowering percentage of *Prunus lannesiana* f. *asahiyama* during 70 days under continuous light at various temperatures.

が開花できる温度)を推定し、その変化を示すと、図-3 となる。図から明らかなように、12月28日から1月27日の1ヶ月のあいだに10℃前後の急激な開花可能温度の低下がみられた。この1ヶ月は、津地方で、冬の寒さの低温処理(休眠解除)効果の最も高い時期である。

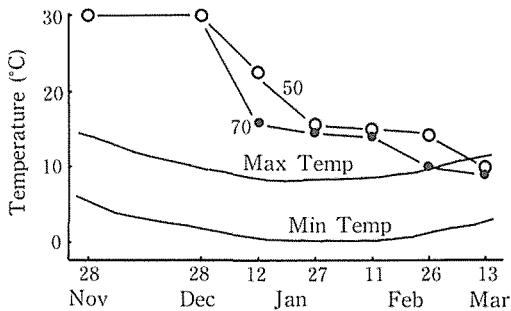


図-3. サクラの開花可能温度と気温(最高、最低気温の平年値)の変化

Fig. 3. Changes of temperature inducing 80% flowering (the flowering temperature) in *Prunus lannesiana* f. *ashi-yama* estimated from the flowering percentage during 50 and 70 days, and the average minimum and maximum temperatures.

図-3における最高気温は平年値を示しているの、それほど高くはないが、実際には2月11日をすぎると時々最高気温が15℃を越す日もあり、また、花芽の温度は晴れた日には気温より2~3℃は高い(未発表)ので、2月11日から26日の間に花芽の温度は、ひん繁に開花可能温度をこえていた。すると、70日間でみた開花可能温度が2月11日から26日の間で低下したのは、低温のためではなく、花芽が野外ですでに開花に向ってうごきだしているために見られる現象ではないかと考えられる。

この点を明らかにするために、5℃で低温処理をしたサクラに加えて、11月28日以降3月13日までの種々の時期から15℃、10℃連続光下に移したサクラの開花経過を調べた(図-4、5、6)。15℃は、サクラが開花する季節の最高気温であり、図-4に示すように、低温処理していない場合は開花しないことから明らかなように、15℃は低温処理効果を持たない。10℃は、自然状態でサクラの開花するころの平均気温ではあるが、15℃とちがって、低温処理していない場合でも130日以上長期間おくと開花する(図-5)ことから明らかなように10℃は低温処理の効果を持っている。

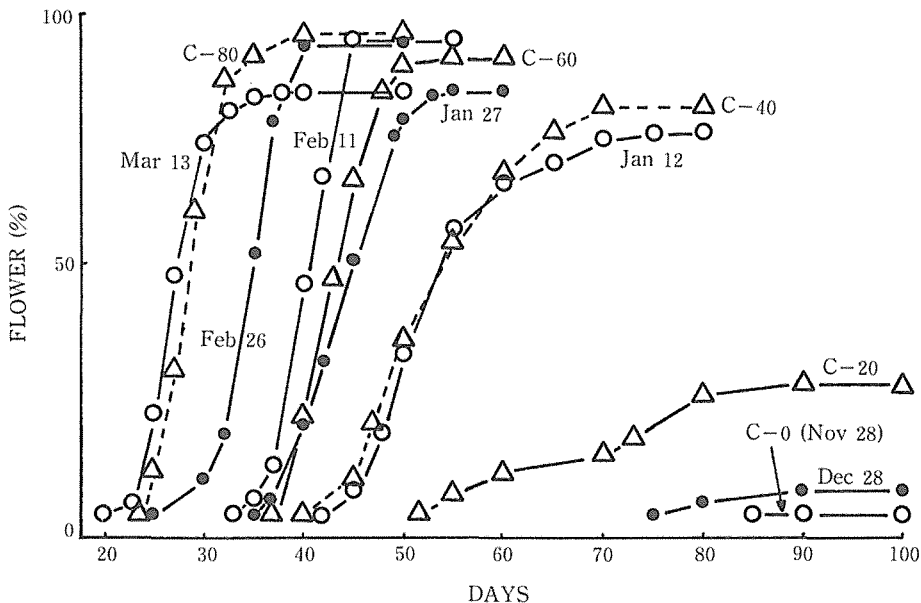
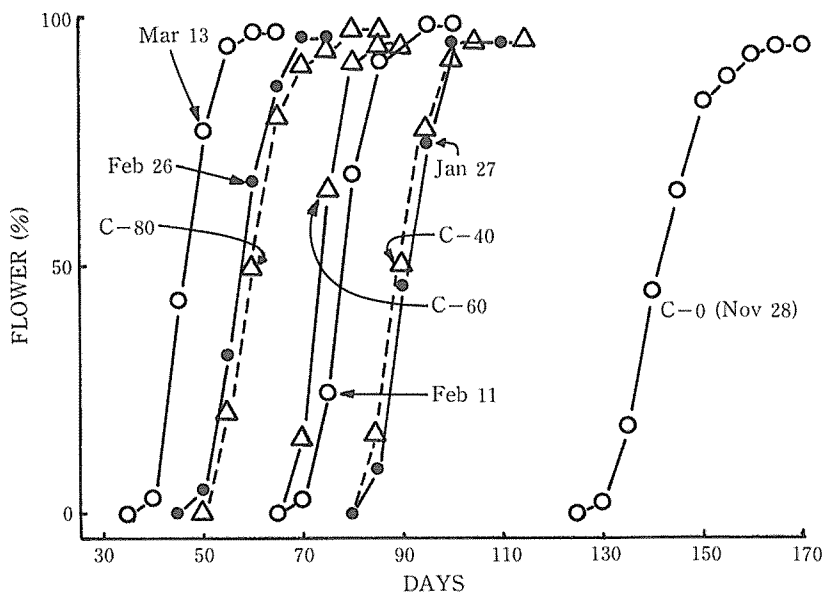


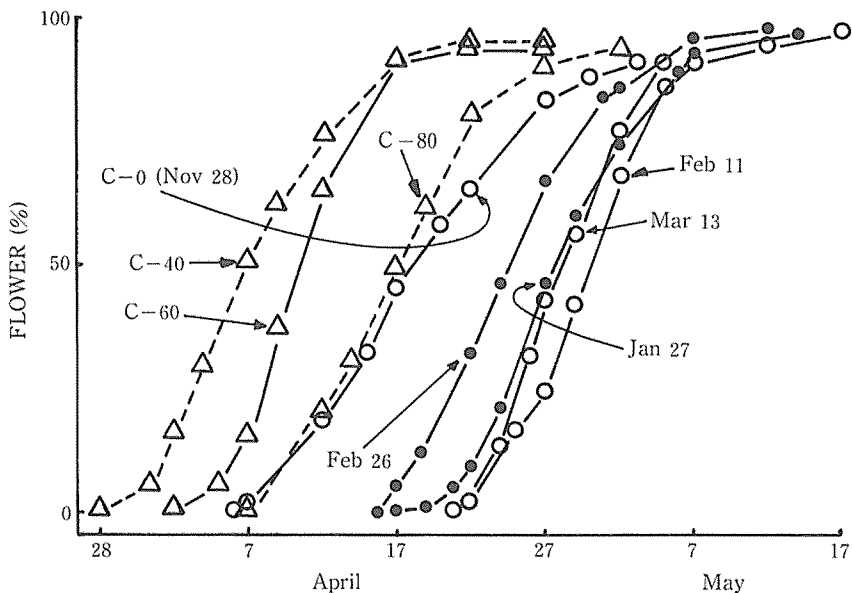
図-4. 低温処理(0~80日)後、および種々の時期に野外から15℃連続光下に持ちこまれたサクラの開花経過

Fig. 4. Flowering patterns of *Prunus lannesiana* f. *ashi-yama* kept under continuous light at 15°C. The cherry trees grown in the open were placed under the condition from November 28 to March 13, and after the chilling treatment (5°C) of 20 to 80 days (C-20~C-80) from November 28.



図一五． 低温処理 (0～80日) 後, および種々の時期に野外から10°C連続光下に持ちこまれたサクラの開花経過

Fig. 5. Flowering patterns of *Prunus lannesiana* f. *asahiyama* kept under continuous light at 10°C. The cherry trees grown in the open were placed under the condition from November 28 to March 13, and after the chilling treatment of 20 to 80 days (C-20～C-80) from November 28.



図一六． 低温処理 (0～80日) 後, および種々の時期に野外から10°C連続光下に持ちこまれたサクラの開花経過。低温処理と野外での冬の寒さの影響をも含めて考えるために横軸は月日 (日付) とした。

Fig. 6. Flowering patterns of *Prunus lannesiana* f. *asahiyama* kept under continuous light at 10°C. The treatments were the same as those described in Fig. 5, but the abscissa in Fig. 6 indicates the calendar date to compare the effect of winter cold in the open and the chilling treatment.

冬の寒さに会うことによって、何時ごろから花芽は開花に向ってうごきだすのであろうか。この判断の1つの手がかりとして、低温処理を80日行ったときの開花経過を示すことにする。5℃で低温処理を継続すると、80日目ごろには花芽が緑色を帯びてくる。すなわち、開花への兆しが明らかにみられ、このときには何日か前から既にうごきだしていたと考えられる。

10℃と5℃の低温処理の効果を比較するため、5℃低温処理後10℃における開花経過(図-6)をみると、低温(5℃)処理40日(C-40)のあと10℃に移すと4月7日に開花率50%に達した。これは5℃40日後10℃C90日経過し、通算すると130日目に当る。5℃の低温処理をせず(C-0)、最初から10℃においたものは141日目の4月18日に開花率50%になる。したがって、5℃40日の効果は10℃では10日多く50日の効果に相当することになる。ところが5℃低温処理80日のサクラは、10℃に移すと、最初から10℃におかれたときとほぼ同じ4月17日(通算140日目)に開花率50%に達した。これらを整理すると、(1)5℃の方が10℃より低温処理(休眠解除)効果は大である(5℃40日=10℃50日)。(2)しかし、5℃80日のあと10℃に移すと、10℃に最初から置いてあったサクラと同じ頃に開花する。これは、5℃Cと10℃ではともに80日目には、ほぼ同じ花芽の状態に達していたことを意味する。休眠解除(低温処理)効果は5℃の方が大であるとする、5℃と10℃は、それぞれの持つ休眠解除効果とともに、さらにそのあとの花芽のうごき(開花プロセスの進行)とを併せて考えなければならない。すなわち、休眠解除効果は5℃の方が大であるが、花芽のうごきは10℃の方が早いと見なされ、この両者の組合せで80日後に花芽の状態は5℃でも10℃でもともに、ほぼ等しくなった。そして、すでにこのとき5℃でも10℃でも休眠解除の段階(ただし、5℃では開花可能温度が5℃になるまで解除されなければならないが、10℃の方は開花可能温度が10℃になるまで解除されればよい)は終了し、開花に向ってうごきだしていることを意味する。事実、そのあとも5℃につづけて置いたとき、さらにその後100日位たつと開花してくる(後述、図-10)。

また、このすでに花芽がうごきだしていたとみられる低温処理80日(C-0)のサクラは、10℃で、野外から2月26日に入れたサクラと同じような開花経過(図-5)をしめした。このことは、2月26日には、野外の花芽は

すでに開花に向ってうごきだしていたことを示すものである。事実、野外でまだ花芽はうごきだしていないとみられる2月11日に、野外より10℃に移したサクラよりも、2月26日に10℃に入れたサクラの方が早く開花した(図-6)。

この花芽が開花に向ってうごきだすところに低温処理を行った結果を図-7に示した。十分低温処理(85日)をしていれば、野外にもどしても早く開花したが、低温処

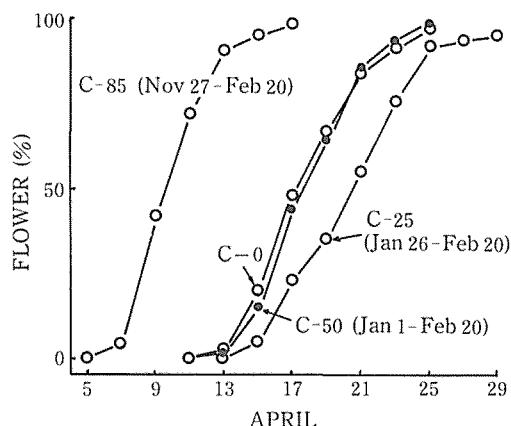


図-7. 各期間低温処理したサクラの野外での開花経過

Fig. 7. Flowering patterns of *Prunus lannesiana* f. *asahiyama* in the open after the chilling treatment of 0 to 85 days (C-0+C-85) until February 20.

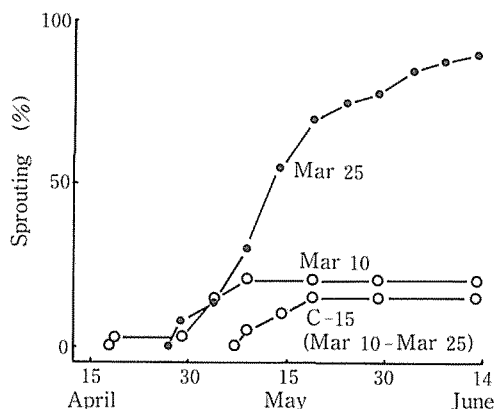


図-8. 3月10日と25日に採取したポプラ冬芽と、3月10日に採取して15日間低温処理をしたポプラ冬芽の10℃連続光下での開花経過

Fig. 8. Sprouting patterns of winter buds of *Populus euramericana* cv. 'I-214' collected in the open on March 10 and 25, and the ones collected on March 10 and then chilled for 15 days, under continuous light at 10°C.

理期間がみじかいと開花がおくれた。花芽がうごきだすころには、短期間の低温処理による休眠解除効果よりも、野外で最高気温が開花可能温度をこえる条件にあったサクラ（C-O）の方が開花は促進された。また、野外で生育しているボプラの冬芽を3月10日から15日間低温処理をしたものと、その期間野外にひきつづきおいたものについて、10°Cでの開芽経過をしらべた（図-8）。この図は、まず、3月10日の段階では10°Cで開芽するまでに休眠はさめていないこと、また、3月10日から25日ま

での15日間低温処理をしても、まだ10°Cで開芽できるまでには休眠はさめていないことを示している。一方、この間野外におき3月25日から10°Cに移したものは、3月10日から25日の間に最高気温がボプラの開芽可能温度¹⁾をこすほど高くなって、うごきだしたあとであるので、10°Cでも十分開芽できたのであろう。

このように、サクラの花芽の場合も、花芽が開花に向ってうごきだしたことによって、70日間でみた開花可能温度は図-3にみられるように2月11日から26日にかけてさがったのであろう。この花芽がうごきだしたとみられる2月26日と3月13日に、15°Cと10°C連続光下に移したサクラと、野外のサクラの開花経過（図-9）をみると、15°Cでの開花は野外より早く、10°Cでの開花は遅れた。15°Cは野外における平均開花日頃の最高気温であり、この温度でより早く開花したのは当然であるが、平均開花日頃の平均気温である10°Cで10日も野外の開花よりおくれた。これは、この年は3月から4月にかけて、よく晴れて暖かい日が多かった事によるものではないかと思われる。

実験II. 低温処理を受けていないサクラの種々の温度での開花

冬の寒さに会ったサクラが2月下旬までには、低温の効果や最高気温が開花可能温度をこえる日があるなどして、10°C位の温度までで開花できるようになったことが明らかになった。そこで、つぎに低温にほとんど会っていないサクラが、どの様な温度域で開花できるのか、25°C、20°C、15°C、10°C、7°C、5°C、3°C連続光下で調べた（図

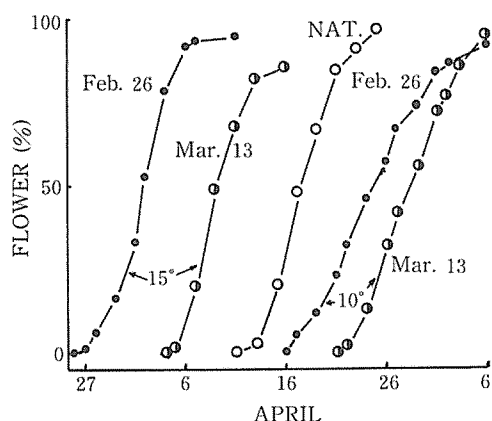


図-9. 2月26日と3月13日に野外から10°Cと15°C連続光下へ持ちこまれたサクラと、野外にひきつづきおかれていたサクラの開花経過

Fig. 9. Flowering patterns of *Prunus lannesiana* f. *asahiyama* left in the open (NAT) and the ones placed under continuous light at 15°C and 10°C from February 26 and March 13.

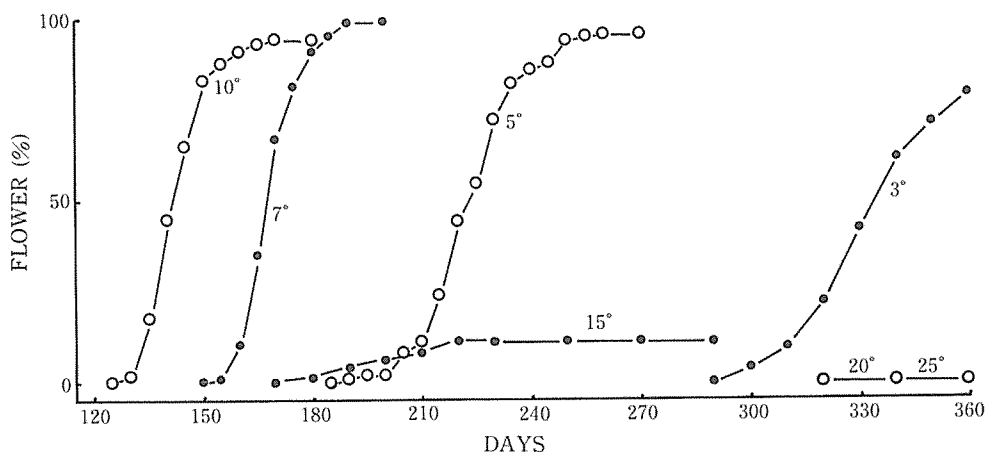


図-10. 低温処理をしていないサクラの各温度連続光下での開花経過

Fig. 10. Flowering patterns of *Prunus lannesiana* under continuous light at various temperatures. Experiments were started on November 28, 1978.

—10)。

約1年にわたる実験であったが、25°、20°Cでは開花がみられなかった。15°Cではわずかに開花したが、10°C以下では長期間を要したが、開花した。すなわち、10°C以下では低温処理（休眠解除）の効果がある。同時に起こった2°～2.5°Cでも約1年半かかると開花がみられた（未発表）ので、開花プロセスは、休眠が十分さめていれば、2°C以上の温度ですすむものと考えられる。

そこで、この2°Cを積算温度の零点として、花芽が開花に向ってうごきだしたとみられる2月26日と3月13日からサクラが80%開花（満開）するまでの温度を積算すると表1のようになる。ただし、野外の花芽の温度は晴れた日には気温より少なくとも2°～3°Cは高くなるので零点補正なしに平均気温をそのまま積算した。

表—1 2月26日と3月13日に野外から各温度に移された場合と、野外におけるサクラの満開までの積算温度（度日）

Table 1. Accumulated degree-days required for full blooming of *Prunus lannesiana* f. *asahi-yama* from February 26 and March 13. Temperatures subtracted 2° (base temperature) from 25°, 20°, 15°, 10°, and 5°C, while in the open daily mean temperatures were accumulated because of flower-bud temperature being 2°～3°C higher than air temperature in the sunshine.

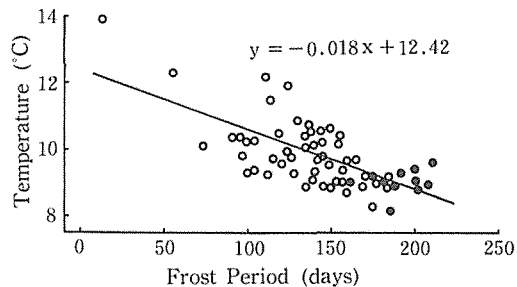
	Flowering condition (°C)						
	25°	20°	15°	10°	7°	5°	open
February 26	414	486	481	504	515	—	496
March 13	322	380	416	408	410	426	409

25°Cの場合は少し低い値であるが、20°Cから5°Cまでと野外では、2月26日のサクラでは500度日前後、3月13日のサクラでは400度日前後となった。

実験Ⅲ. サクラおよびウメの開花におよぼす凍結の影響

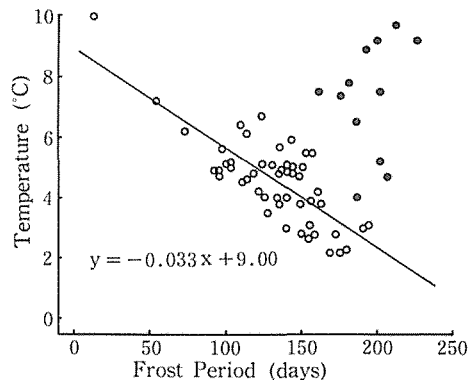
低温処理や冬の寒さに長く会うほど、低い温度で開花することが明らかとなった。このような現象が自然状態での開花でもみられるのであろうか。気象庁が毎年調査を行っているソメイヨシノの開花日の平均気温（本論文でとりあげた日本各地における開花日、開芽日、初見日、初鳴日は、それぞれ、農業気象年報³⁾による平均開花日、平均開芽日、平均初見日、平均初鳴日であり、平均気温は日本気候表⁴⁾による平年値をもちいた）と、その地方の冬の寒さとの関係を検討した。この場合、各地の冬の

寒さ（低温処理）の程度を降霜期間（平均初霜日から平均終霜日までの日数）⁵⁾ によることにした。低温処理の効果は10°C以下でみられるので、氷点下に気温が下がることは必要ではないが、降霜のあるときは最低気温が5°C付近まで下がる。各地の開花日の平均気温と降霜日数との関係は図—11のようになる。開花日の平均気温は、降霜日数が161～212日の地方では9.12°±0.41°C、降霜日数93～138日の地方では10.20°±0.85°Cで、その差は有意($p=0.001$)であった。また、回帰直線は $y=-0.018x+12.42$



図—11. 日本各地におけるソメイヨシノの開花日の平均気温と降霜日数との関係

Fig. 11. Relationship with the average frost period of the mean temperature (normal value) of the average first flowering date of *Prunus yedoensis* in Japan. The mean temperatures on the first flowering date are significantly related ($p=0.001$) inversely to the frost periods.



図—12. 日本各地におけるウメの開花日の平均気温と降霜日数との関係

Fig. 12. Relationship with the frost period of the mean temperature of the first flowering date of *Prunus mume* in Japan. The mean temperatures on the first flowering date are significantly related ($p=0.001$) inversely to the frost period except the regions having 4 or more ice days (closed circles).

$x + 12.42$ となり、これも有意 ($p = 0.001$) であった。すなわち、寒い地方ほど低い気温でソメイヨシノは開花するというを示し、先の実験の結果と一致する。しかし、特に寒い地方 (東北北部、北海道) では、この傾向が少しみだれ、開花日の平均気温は若干高くなる。そこで、札幌ではウメの開花日もソメイヨシノと同時期であるので、ウメについても調べた (図-12)。図から明らかなように、ウメの場合も寒い地方では低い気温で開花する傾向があると同時に、特に寒い地方では開花温度が著しく高いという大きな乱れがみられた。ポプラの冬芽が凍結によって著しくおくれ、休眠が深まる現象¹⁾が明らかにされているので、毎年、最高気温が 0°C 未満の真冬日のある地方 (真冬日が年平均4日以上のある地方)⁵⁾ でみられる、この大きな乱れの原因は、花芽の凍結にあることが推定される。この真冬日が毎年みられる地方を除くと、ウメの場合には、 $y = -0.033x + 9.00$ の有意 ($p = 0.001$) な回帰直線が得られる。

そこで、サクラでは低温処理と凍結の影響を、また、ウメでは凍結の影響を、それぞれ野外での開花経過と比較した。サクラについては低温処理85日 (11月27日～2月20日)、低温処理85日と凍結1日 (11月27日～2月21日)、凍結50日 (1月1日～2月20日)、凍結1日 (2月20～21日) の処理を行ない、野外での開花を追跡した (図-13)。また、ウメでは凍結1日 (1月27日～28日) のあ

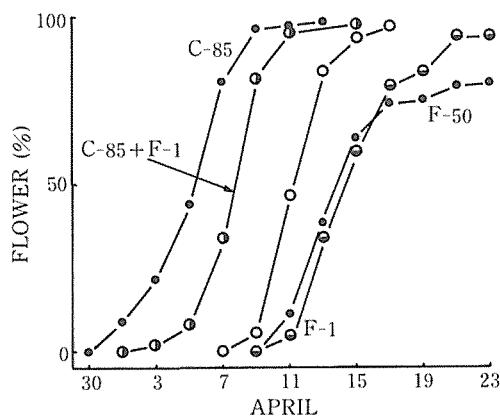


図-13. サクラの野外での開花におよぼす凍結および低温処理の影響

Fig. 13. Flowering patterns of *Prunus lannesiana* f. *asahi-yama* in the open after chilling and freezing. C-85: chilled at 5°C for 85 days from November 27, C-85+F-1: frozen at -5°C for 24 hours after 85 days chilling, F-50: frozen for 50 days from January 1, F-1: frozen for 24 hours from February 20, Nat: non-treated.

と野外での開花を調べた (図-14)。サクラでは、低温処理による開花促進と凍結による開花のおくれが明らかである。しかし、凍結1日と凍結50日で開花経過がほぼ同じであった理由は現在不明である。また、ウメについても1日の凍結により明らかに開花がおくれた。

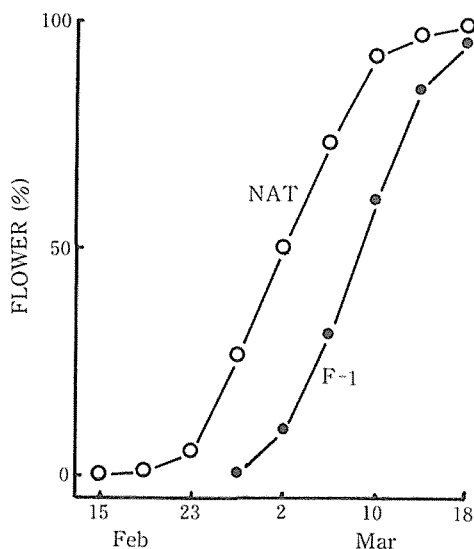


図-14. ウメの野外での開花におよぼす凍結の影響
Fig. 14. Flowering patterns of *Prunus mume* cv. *michishirube* in the open after freezing. F-1: frozen for 24 hours from January 27, NAT: non-treated.

IV. 考 察

ポプラ冬芽の開芽¹⁾と同様、本実験にもちいたサクラ (アサヒヤマ) においても、低温処理あるいは冬の寒さに長時間合うと低温下で開花することになること、そして凍結によって開花がおくれることが認められた。また、ウメにおいても凍結によって開花のおくれが認められた。自然状態でのソメイヨシノ (図-11) およびウメ (図-12) について全国で調査された結果からも、この傾向はみられ、春早く咲くウメで特に凍結 (真冬日) の影響がいちじるしいようである。例えば、ウメの自然状態での開花日の平均気温は、水戸、仙台では 2°C 近い低温であるが、真冬日のある青森、函館では、かえって、 9°C 付近と高い。このウメにおいての真冬日の影響をみるため、降雪日数が161日以上ある地方での真冬日日数と開花日の平均気温との関係を示すと図-15のようになる。真冬日 (平均) が3日以下の地方では、ウメの開花日の平均

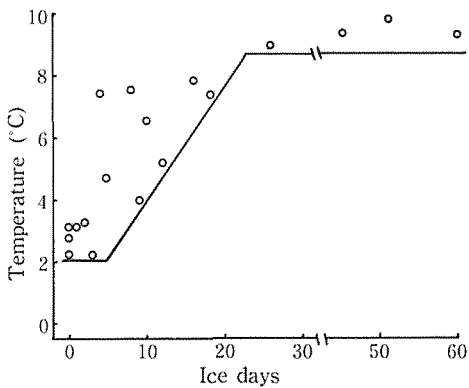


図-15. 降霜日数161日以上の地方における真冬日日数とウメ開花日の平均気温との関係

Fig. 15. Effect of ice days (average per year) on the mean temperature of the first flowering date of *Prunus mume* in the regions having 161 or more frost days.

気温は約 $2^{\circ}\sim 3^{\circ}\text{C}$ で低い。しかし、真冬日が4日以上のある地方（毎年真冬日のある地方）では、開花日の平均気温は真冬日日数の増加とともに次第に上昇し、20日もある地方では 9°C 前後になり、ソメイヨシノと変らなくなる。しかし、それ以上真冬日が増加しても、開花日の平均気温が 10°C 以上になることはない。ただし、真冬日4日以上20日までの地方での開花日の平均気温は 4°C 以上 9°C までの範囲にあり、単に真冬日日数だけで開花温度が決定されるのではないようである。

ソメイヨシノ、ウメのほかに、イチヨウの開芽と、ノダフジの開花についてみると、やはり降霜日数の多い地方（より寒い地方）ほど、気温の低い時期に開芽、開花することが明かである（図-16、17）。イチヨウでは、降霜日数（ x ）と開芽日の平均気温（ y ）との間に回帰式 $y = -0.027x + 15.48$ の直線が、また、ノダフジでも $y = -0.013x + 15.59$ の回帰直線が得られ、ともに有意（ $p=0.001$ ）である。そして、両者とも真冬日の影響がみられないのは、イチヨウの開芽は、大部分の地方で 9°C 以上で、また、ノダフジの開花は 12°C 以上でみられるためと思われる。

このことは、ボブラの開芽¹⁾でみられたように、凍結による開芽、開花のおくれは、ある温度以下でみられる現象のように思われる。すなわち、ボブラの開芽の凍結によるおくれは、 15°C 以下でみられた。一方、ソメイヨシノ、ウメ、イチヨウの自然状態での開花、開芽から判断すると、真冬日（凍結）の影響は 10°C 以下でみられる

ようである。言いかえると、早春開花、開芽する植物にとっては、凍結によって開花、開芽の時期が微妙に調整され、温度上で安全な時期まで遅れる仕組みがあるようにさえみえる。そして、平均気温が 10°C 付近まで上昇してくると、もう開花・開芽にとってきびしい寒さの再来の危険はないのであろう。

このような凍結（真冬日）の影響が、モンシロチョウやウグイスなど早春、ソメイヨシノの開花より早く活動をはじめめる動物にもみられるかどうか参考に調べた。モンシロチョウの初見日の平均気温と降霜日数との関係は図-18のとおりである。毎年のように真冬日がみられる地

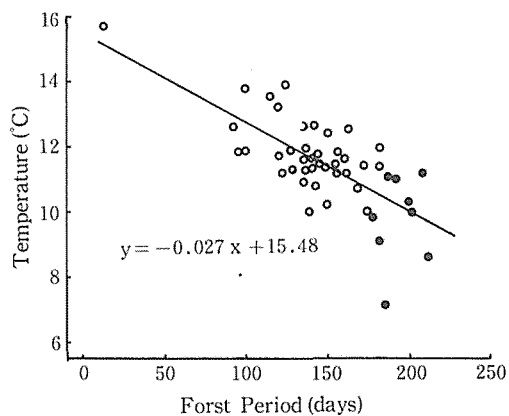


図-16. 日本各地におけるイチヨウの開芽日の平均気温と降霜日数との関係

Fig. 16. Relationship with the average frost period of the mean temperature of the first sprouting date of *Ginkgo biloba* L. in Japan. The mean temperatures on the first sprouting date are significantly related ($p=0.001$) inversely to the frost periods.

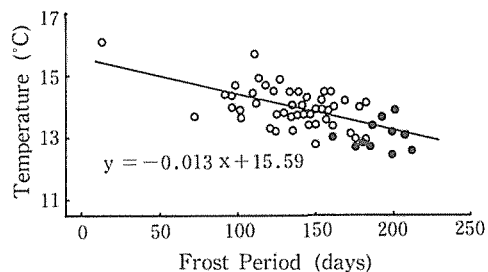
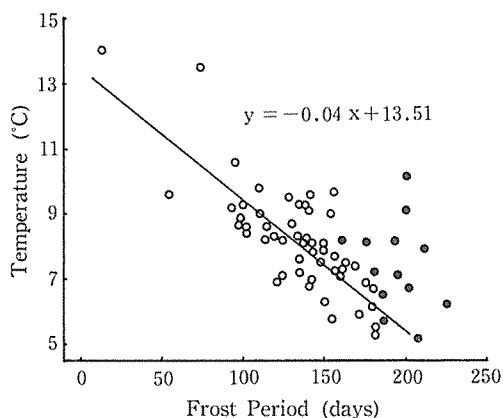


図-17. 日本各地におけるノダフジの開花日の平均気温と降霜日数との関係

Fig. 17. Relationship with the frost period of the mean temperature of the first flowering date of *Wisteria floribunda* DC. in Japan. The mean temperatures on the first flowering date are significantly related ($p=0.001$) inversely to the frost periods.



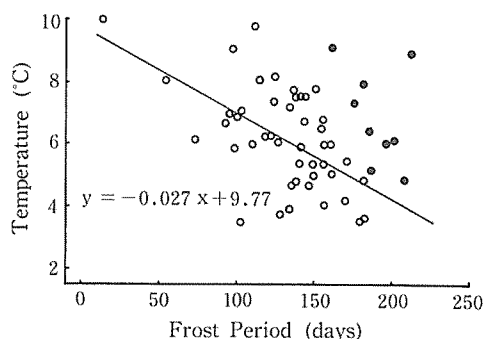
図一18. 日本各地におけるモンシロチョウの初見日の平均気温と降霜日数との関係

Fig. 18. Relationship with the frost period of the mean temperature of the first appearance date of *Pieris rapae crucivora* in Japan. The mean temperatures on the first appearance date are significantly related ($p=0.001$) inversely to the frost periods except the regions having 4 or more ice days (closed circles).

方(真冬日年平均4日以上)を除くと、降霜日数(x)と初見日の平均気温(y)との間に $y = -0.04x + 13.51$ の関係がみられて、極めて高い有意($p=0.001$)な関係がある。すなわち、寒い地方ほど低い気温でモンシロチョウをみることができるが、真冬日のある地方ではおくれる。モンシロチョウの休眠も低温や凍結に対する反応は、樹木のそれとよく似ているようである。ただ、モンシロチョウ初見日は、ほとんどの地方でウメの開花よりもおそい。すなわち、暖かくなってからみられる。そのため、真冬日がある地方でも、年平均真冬日日数が16日位までの地域では、初見日の平均気温の上昇(乱れ)はみられない。

また、ウグイスは恒温動物で休眠することはないが、初鳴日の平均気温と降霜日数との関係を図一19に示した。ウグイスの場合も、年平均4日以上真冬日のある地方を除くと、降霜日数(x)と初鳴日の平均気温(y)の間に $y = -0.027x + 9.77$ の有意($p=0.001$)な回帰直線が得られる。初鳴日は生殖活動の開始と関係があるとされているが、冬の低温、真冬日の影響は明らかに認められる。

ウメ(図一12)、ウグイス(図一19)、モンシロチョウ(図一18)、ソメイヨシノ(図一11)、イチヨウ(図一16)、ノグサジ(図一17)と寒い時期に活動を始めるものから順にならべてみると、暖かくなって活動を始めるものほ



図一19. 日本各地におけるウグイスの初鳴日の平均気温と降霜日数との関係

Fig. 19. Relationship with the frost period of the mean temperature of the first singing date of *Horeites Cantans cantans* in Japan. The mean temperatures on the first singing date are significantly related ($p=0.001$) inversely to the frost periods except the regions having 4 or more ice days (closed circles).

ど真冬日(凍結)の影響による活動開始時期の平均気温上昇(乱れ)が少なくなる。

林木や花木の開芽・開花、昆虫の羽化、鳥の生殖活動開始などに対する低温(降霜期間)と凍結(真冬日)の影響は、広く生物の年周期的活動を季節の変化に調和させる上で重要な意義を持っていると考えられる。

引用文献

- 1) 永田 洋：樹木の休眠に関する研究(I)、ポプラの冬芽の休眠の深さ(1)、日林誌 63:263~272, 1981
- 2) 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, 三重大学農学報 63:205~216, 1981
- 3) 気象庁編：農業気象年報(昭和54年), 1981
- 4) 気象庁編：日本気候表(その5), 1973
- 5) 東京天文台編：理科年表(昭和55年), 1980