

気象庁の観測データからみたソメイヨシノの開花日の地域特性と年変動

Regional and yearly changes of flowering date in *Prunus yedoensis* studied for the observation by the Meteorological Agency

中島敦司*・養父志乃夫*・中尾史郎*・永田 洋**

Atsushi NAKASHIMA*, Shinobu YABU*, Shiro NAKAO*, and Hiroshi NAGATA**

Abstract : Flowering dates of *Prunus yedoensis* observed by the Meteorological Agency were investigated for changes of latitudes. Flowering dates of normal year at the sites among the regions from 31° N.L. to 35° N.L. at a leading part in the Pacific coast were hardly different from each other. At northern regions above 35° N.L., flowering dates did not advanced as gain for latitude. Flowering dates changed year by year. At northern regions of Japan, Flowering date in the mild winter were earlier than that in normal year. On the other hand, Flowering date in the mild winter were later than that in normal year at southern regions. Effects of the winter chilling on the release for dormancy of flower buds in *Prunus yedoensis* were investigated. There were negative relationships between the numbers of chilling days and the daily mean temperature at flowering days. Dormancy was not released in the midwinter days whose daily mean temperatures were below 0°C.

Keywords : *Prunus yedoyensis*, Latitude, Flowering, Chilling, Meteorological Agency

1 はじめに

ソメイヨシノ *Prunus yedoensis* は、わが国を代表するサクラであり、各地の公園緑地や公共施設などに植栽されている^{1, 2)}。気象庁は、例年、本種の開花予想を行い、春の訪れを知らせる。人々が花見を楽しむ姿は、九州から北海道に至る地域の春の風物詩である。また、本種の開花日の早晩は、天候の良し悪しとともに、花見に出かける人々の動向を左右し、これに関連する経済活動にまで影響をおよぼす状況にある。気象庁の開花予想は、これまで全国の気象台とこれに付属する測候所（以下、観測地点とする）において観測された開花日に関するデータと、当年の積算温度を用いた数式によって行われる³⁻⁶⁾。開花予想に用いる数式は地域によって異なり⁵⁾、このことは、本種の開花日に地域特性のあることを示している。しかし、これらの地域特性の詳細については、ほとんど検討が加えられていない。今後、地域の実状に応じたきめ細かな開花予想を行うためには、これらの点を整理解析する必要がある。

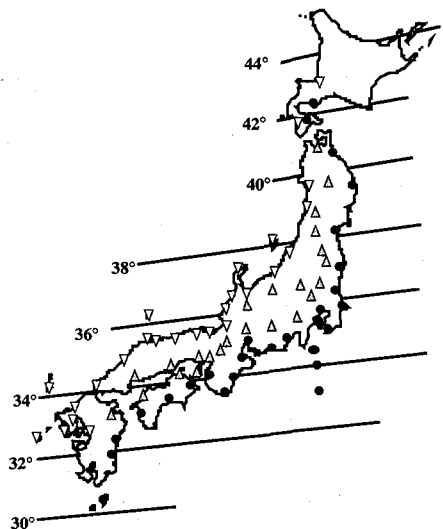


図1 気象庁がソメイヨシノの開花を観測している気象台と測候所

●：太平洋側、▽：日本海側、▲：瀬戸内海を含む内陸部

*：和歌山大学システム工学部 Fac. of Systems Engineering, Wakayama Univ.

**：三重大学生物資源学部 Fac. of Bioresources, Mie Univ.

そこで本研究では、気象庁による1953年から1993年までの40年間のソメイヨシノの開花日の観測記録をもとに、これらを年別、緯度別に整理し、全国的レベルでの開花日の年変動と早晚に関する地域特性、ならびに、これを引き起こす要因を検討したので、その結果を報告する。

2 方法

ソメイヨシノの開花に関する年変動と地域特性を明らかにするため、気象庁技術報告110号⁴⁾および農業

表1 太平洋岸におけるソメイヨシノの開花日*

地名	北緯	標高	開花日			
			平年値	最早日	最晩日	年変動幅
室蘭	42° 19'	42.8m	5/08	4/26	5/25	29日
八幡	41° 49'	33.2	5/03	4/22	5/23	31
宮古	40° 32'	27.1	4/25	4/12	5/18	36
仙北	39° 39'	42.5	4/19	4/11	5/07	26
小名	38° 16'	38.9	4/12	4/03	4/28	25
水戸	36° 57'	3.2	4/08	3/30	4/25	26
銚子	36° 23'	29.3	4/04	3/25	4/20	26
銚子	35° 44'	27.7	3/31	3/20	4/16	27
銚子	35° 41'	6.5	3/28	3/20	4/11	22
横濱	35° 26'	39.1	3/28	3/18	4/10	23
横浜	35° 10'	51.1	3/29	3/17	4/11	25
古河	34° 59'	5.8	3/30	3/20	4/09	20
山岡	34° 58'	14.1	3/28	3/19	4/06	18
大津	34° 45'	191.4	3/29	3/17	4/07	21
大津	34° 44'	2.6	4/01	3/22	4/12	21
松本	34° 42'	32.7	3/29	3/17	4/07	21
松本	34° 42'	31.7	3/29	3/18	4/04	19
歌島	34° 07'	36.2	3/28	3/16	4/04	19
尾鷲	34° 04'	15.0	3/28	3/17	4/07	21
高知	34° 04'	1.6	3/29	3/18	4/06	19
高知	33° 34'	0.5	3/24	3/14	4/02	19
宇和	33° 27'	73.0	3/28	3/10	4/16	27
宇和	33° 14'	42.6	3/25	3/15	4/05	21
八丈	33° 06'	79.2	4/02	3/21	4/23	33
延岡	32° 35'	19.2	3/25	3/16	4/02	17
宮崎	31° 55'	6.3	3/26	3/18	4/02	15
鹿儿	31° 33'	3.9	3/26	3/18	4/03	16
種子	30° 44'	17.0	3/26	3/10	4/18	39

*：1953年から1993年の気象庁のDATAからの算出結果4～13)

表2 瀬戸内海を含む内陸部におけるソメイヨシノの開花日*

地名	北緯	標高	開花日			
			平年値	最早日	最晩日	年変動幅
森岡	40° 49'	2.8m	4/26	4/15	5/11	26日
新山	39° 42'	155.2	4/23	4/13	5/06	23
山形	38° 45'	105.0	4/22	4/13	5/06	23
福白	38° 15'	152.5	4/16	4/07	4/29	22
長野	37° 45'	67.4	4/10	4/01	4/25	24
都立	37° 07'	353.6	4/14	4/06	4/28	22
宇都	36° 40'	418.2	4/14	4/05	4/26	21
前橋	36° 33'	119.4	4/04	3/25	4/18	24
松本	36° 24'	112.1	4/01	3/24	4/15	22
本谷	36° 15'	610.0	4/12	4/04	4/25	21
松本	36° 09'	29.7	3/31	3/22	4/14	23
高井	36° 09'	560.1	4/16	4/06	4/28	22
山田	35° 40'	272.8	3/30	3/20	4/12	23
飯坂	35° 31'	482.3	4/06	3/27	4/19	23
岐阜	35° 24'	12.7	3/30	3/16	4/12	27
彦根	35° 16'	87.3	4/04	3/23	4/15	23
京都	35° 01'	41.4	3/31	3/21	4/09	19
奈良	34° 49'	2.8	3/31	3/23	4/10	18
大阪	34° 41'	104.4	4/01	3/23	4/12	20
阪神	34° 41'	3.1	3/30	3/21	4/10	20
神戸	34° 41'	57.5	3/31	3/21	4/10	20
大庄	34° 24'	3.6	3/30	3/20	4/08	19
神戶	34° 20'	109.3	3/30	3/19	4/10	22
洲高	34° 19'	8.7	3/31	3/21	4/08	18
洲高	33° 50'	32.2	3/28	3/18	4/06	19
山分	33° 14'	4.6	3/28	3/16	4/06	21

*：1953年から1993年の気象庁のDATAからの算出結果4～13)

気象年報^{7～15)}から、1953年より1993年までの80箇所の観測地点(図1、表1～3)における開花日のデータを抜粋し、40年間の平均開花日(以下、「平年開花日」とする)を観測地点別に求めた。つぎに、同じ文献からの各地の開花最早日と最晩日の差(以下、変動幅とする)を求め、先の平年開花日とともに緯度別に整理した。なお、気象庁における開花日とは、観測地での一定の観察個体で数個以上の花が咲き始めた日を指す^{1, 4)}。

つぎにソメイヨシノの開花日に地域特性が起こる要因を検討するため、まず、各地方の中心都市である札幌(北緯43° 03'), 仙台(同38° 18'), 新潟(同37° 55'), 東京(同35° 41'), 名古屋(同35° 10'), 大阪(同34° 41'), 広島(同34° 24'), 福岡(同33° 35'), 鹿児島(同31° 31')のほか、開花の最早日と最晩日の差(開花日の年変動幅)が大きい岐阜、洲本、種子島、八丈島についても、1993年度における半旬別平均気温の平年値を文献¹⁸⁾から求めた。つぎに、開花日は、冬季の

表3 日本海側におけるソメイヨシノの開花日*

地名	北緯	標高	開花日			
			平年値	最早日	最晩日	年変動幅
札幌	43° 03'	17.2m	5/05	4/25	5/14	19日
札幌	41° 52'	3.7	5/03	4/23	5/19	26
秋田	39° 43'	6.3	4/20	4/09	4/30	21
酒田	38° 54'	3.1	4/15	4/06	4/27	21
相模	38° 01'	34.6	4/12	4/03	4/22	24
新潟	37° 55'	1.9	4/12	4/01	4/26	25
輪島	37° 23'	5.3	4/10	4/01	4/24	23
上越	37° 06'	12.9	4/09	3/31	4/25	25
富山	36° 42'	8.5	4/08	3/29	4/20	22
金沢	36° 33'	26.1	4/05	3/26	4/17	22
西郷	36° 12'	26.6	4/05	3/25	4/17	23
福井	36° 03'	8.8	4/06	3/27	4/17	21
敦賀	35° 59'	1.6	4/04	3/24	4/17	24
豊田	35° 32'	3.4	4/05	3/25	4/16	22
鳥取	35° 29'	7.1	4/03	3/24	4/13	20
松江	35° 27'	2.5	4/04	3/26	4/16	21
江津	35° 27'	16.9	4/03	3/24	4/13	20
子原	35° 26'	6.4	4/06	3/24	4/14	21
原田	34° 12'	20.8	3/29	3/18	4/06	19
田原	34° 04'	19.8	3/29	3/20	4/09	20
下関	33° 57'	3.3	3/30	3/20	4/06	17
福山	33° 35'	2.5	3/28	3/14	4/06	23
佐賀	33° 15'	3.8	3/26	3/17	4/02	16
熊本	33° 49'	37.7	3/25	3/17	4/02	16
長崎	32° 44'	26.9	3/25	3/15	4/01	17
江津	32° 42'	26.1	3/28	3/19	4/04	16

*：1953年から1993年の気象庁のDATAからの算出結果4～13)

温度条件の影響を受ける可能性が考えられたため、上記の13地点について9月1日から開花日までの期間の低温日数を求めた。本研究における低温日とは、 1°C ～ 20°C までの温度について、 1°C ずつ仮閾値 $n^{\circ}\text{C}$ を設定し、日平均気温が $n^{\circ}\text{C}$ 以下となる日を低温日とした。このようにして定めた低温日の日数について、平年開花日における日平均気温（1993年度の平年値¹⁷⁾、以下、開花日温度とする）との相関係数を 1°C ごとに算出した。さらに、真冬日の日数（1993年度の平年値¹⁷⁾）を求め、 1°C ～ 20°C まで 1°C ごとに、真冬日を除いた低温日の日数と開花日温度の相関係数を算出した。

3 結果および考察

3. 1 日本各地のソメイヨシノの平年開花日と年変動

1953年から1993年までのソメイヨシノの平年開花日と各年の開花日の年変動幅を、観測地点の緯度別に太平洋側、日本海側、瀬戸内海沿岸を含む内陸部に分けて、表1～3、および図2に示した。ここで太平洋、日本海沿岸から30km以上遠にある観測地点は、内陸部とした。また、瀬戸内海沿岸は、太平洋や日本海のように主たる海流が流れていないことから内陸部に含めた。

表1～3に示したように、各地の平年開花日は、高知、種子島、鹿児島、宮崎、佐賀、長崎などでは3月25日前後、福岡、広島、岡山、高松、大阪、神戸、名古屋、岐阜、横浜、東京、熊谷、前橋、銚子などでは3月28日～4月1日頃、松江、鳥取、宇都宮、水戸などでは4月3日前後、福井、富山、金沢、上越、福島などでは4月5日～10日頃、新潟、仙台、宮古、秋田、山形などでは4月11日～20日頃、函館、室蘭、札幌

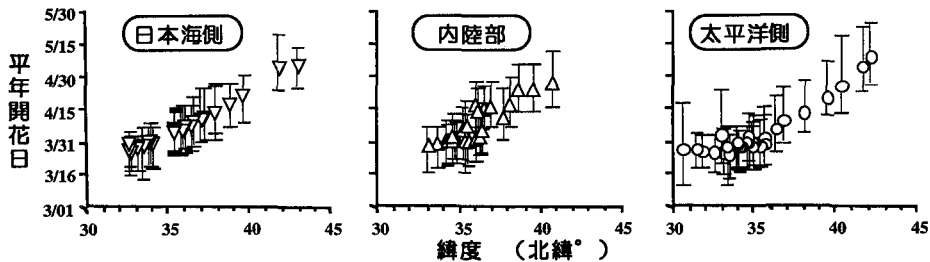


図2 緯度別にみた日本各地におけるソメイヨシノの平年開花日（1953年～1993年）

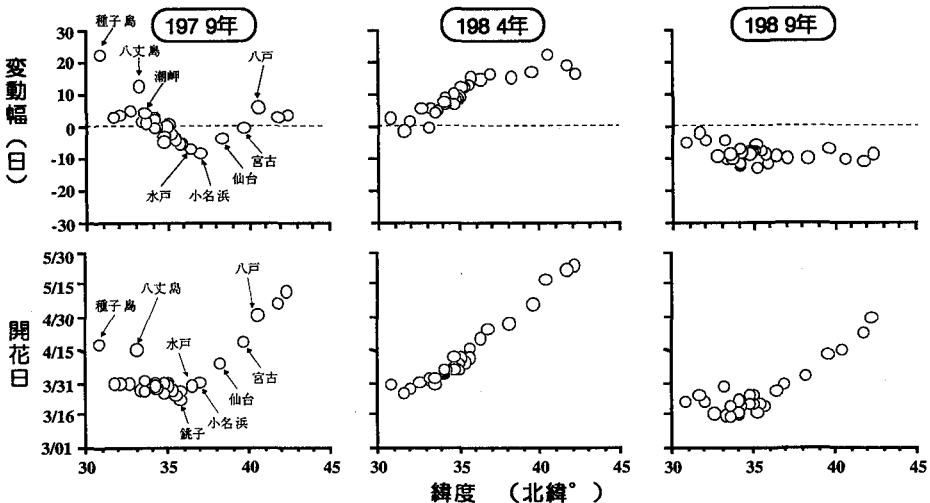


図3 太平洋岸におけるソメイヨシノの1979年（暖冬），1984年（厳冬），1989年（春の訪れの早い年）の開花日および変動幅

では5月上旬であった。

緯度の違いと平年開花日についてみると、太平洋側では、北緯31° から北緯35° までの地域において平年開花日の値が近似しており、それよりも北方では、緯度が高くなるにしたがって平年開花日が遅れる傾向がみられた。同様の傾向は、内陸部および瀬戸内海沿岸や日本海側でもみられたが、太平洋側ほど顕著ではなかった(図2)。また、緯度にして約4° 異なる鹿児島と東京の平年開花日はそれぞれ3月25日と28日であり、その差は2日間であった。これに対し、東京から約4° 北方の宮古の平年開花日は4月19日であり、東京との差は22日間となった。また、太平洋側の東京とほぼ同じ緯度にある日本海側の米子の平年開花日は4月6日であり、東京よりも9日間も開花が遅れている。このように、ソメイヨシノの開花日は単純に時期を追って南方から北方へ向かって進まないことがわかる(表1~3、図2)。

つぎに、40年間の開花日の変動幅をみると、太平洋側でしかも、緯度の高い北方の地域ほど大きくなる傾向がみられた。まず太平洋側の状況を見ると、緯度の低い鹿児島、宮崎、延岡等では、変動幅は15~17日程度に止まったが、銚子、水戸、小名浜、仙台、八戸、函館、室蘭では、変動幅が25日間を越えた(表1)。これに対し、内陸部および瀬戸内海沿岸と日本海側では、変動幅が25日間を越えた地点は、それぞれ、青森、岐阜の2地点と江差、新潟、上越の3地点にとどまり、変動幅が25日間を越える地点は太平洋側に比べて少なかった(表2、3)。ただし、南方の種子島と八丈島については、変動幅が順に39日、33日に達し、開花の最晩日は、それぞれ4月18日、4月23日で、東北地方での平年開花日まで遅れる年度があった。

一方、全国的に暖冬であった1979年(1978年12月から1979年3月の間の平均気温が平年値よりも1.5~2℃高い)、厳冬であった1984年(1983年12月から1984年3月の間の平均気温が平年値よりも1.5~2.5℃低い)、12月までは平年に近い冬であったが3~4月の平均気温が平年値よりも1~2℃高い1989年を例にとり³⁻¹⁴⁾、図3に太平洋岸における各年の開花日を示した。

暖冬年の1979年の場合、北緯34° 付近から38° の各地では、平年よりも5~9日間開花日が早くなった。しかし、北緯30° 44' の種子島では、平年に比べ22日間も開花日が遅れた。この年の開花日は、銚子で最も早く、これを初点に南北両方に向かって順に開花日が記録された。厳冬年の1984年の場合は、南方から北方へ向かって順に開花日が記録された(図3)。この年の開花日は全国的に遅れる傾向にあり、北方になるほど平年開花日からの遅れが大きく、その幅の最大値は八戸の21日間であった。これらの結果は、他の暖冬年、厳冬年でも認められている。また、全国的に開花日が早くなったのは、1989年のように冬は平年通りに寒く、3~4月の平均気温が平年値よりも高い年であった(図3)。このように、ソメイヨシノの開花日は、暖冬年に全国的に早まるというわけではない。

3. 2 ソメイヨシノ開花日に地域特性が起こる要因

これらの開花日の年変動に対する要因を検討するため、計13地点の開花日温度をみると、図4に示したように、開花日温度は、北緯30° 付近の地点で15℃を上回り、北緯35° 付近までは、緯度が高くなるにしたがって低くなった。さらに、北緯35° 以北から北緯43° の札幌までの開花日温度は、いずれも10℃前後であった。このように、北方では南方に比べ5℃程度も開花日温度が低くなる傾向が認められた。

本種と同属のサトザクラ(アサヒヤマ) *Prunus lannesiana*では、花芽の休眠導入以降に遭遇する低温(0~12℃)の期間が長くなるにしたがって休眠解除¹⁶⁾^{18, 19)}が進み、それに伴って花芽の展開する温度、すなわち開花日温度が低下することが報告されている¹⁶⁾。

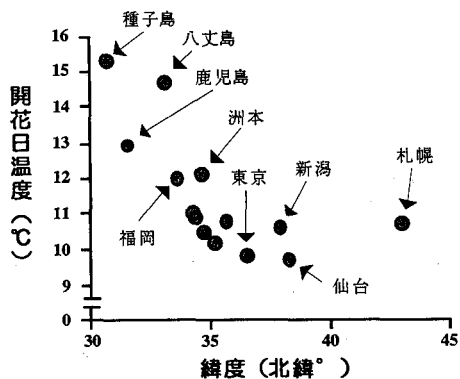


図4 緯度別にみた各地の開花日温度

そこで、花芽の休眠解除が進む「低温日」を仮に日平均気温10℃と15℃以下、ならびその中間の12℃以下の日とし、9月1日から開花までの低温日の日数と開花日温度の関係を検討した。この結果、いずれの温度条件下でも、低温日日数が多くなるほど開花日温度が比例的に低下する傾向が認められた(図5左図)。これは、低温に遭遇する期間が長くなることによって休眠解除がより進んだことを示すものと考えられる。

前述のように、1979年は種子島、八丈島での開花日は平年に比べ大幅に遅れた。このような年は、1979年以外にもあり、いずれの年も暖冬年であった。また、先に述べた9月1日から開花までの低温日の日数と開花日温度との関係から、低温日日数が少ない場合、開花日温度は低下しない。開花日が遅れたのは、南方に位置するこれらの地点では、暖冬年で低温日日数が少なく、低温不足によって休眠解除があまり進まず、しかも開花日温度は平年よりも高い状態にあり、この開花可能温度を上回る条件になる時期まで開花日が遅れたものと考えられる。また、厳冬年の場合、低温に遭遇する期間が十分にあるために休眠解除は進むが、春の気温の上昇が遅いため、開花日が遅れたものと考えられる。これに対し、冬は平年通り寒く、3～4月の平均気温が平年に比べ高い1983年のような年では、休眠解除が平年のように進み、かつ、気温が平年よりも早く上昇したため開花日が早まったと考えられる。このように、各地の気象条件は、年によって平年とはことなることがあり、ソメイヨシノの開花日はその影響を受ける。ただし、この影響は、緯度によって異なることが確認された。

一方、図5左図では、10℃、12℃、15℃のいずれの仮閾値においても、札幌の図上位置が負の回帰直線から上方に向けて離れる傾向が認められた。解析対象とした13地点中、札幌では日最高気温0℃以下の真冬日が51日間認められた¹⁷⁾。そこで真冬日の日数分を除いた低温日日数と開花日温度の関係をみると、札幌の図上位置は、真冬日を含んだものに比べ回帰直線に近づき相関係数も大きくなった(図5右図)。さらに、低温日の仮閾値を1℃～20℃まで1℃毎に設定し、同様の解析を行った。その結果、すべての温度域で真冬日を除いたものが相関係数は大きくなった(図6)。このため真冬日は、開花日温度に影響を与えないものと考えられる。

4 まとめ

これまでに述べた結果は、つぎのように整理される。まず、緯度別では、ソメイヨシノの開花日は単純に

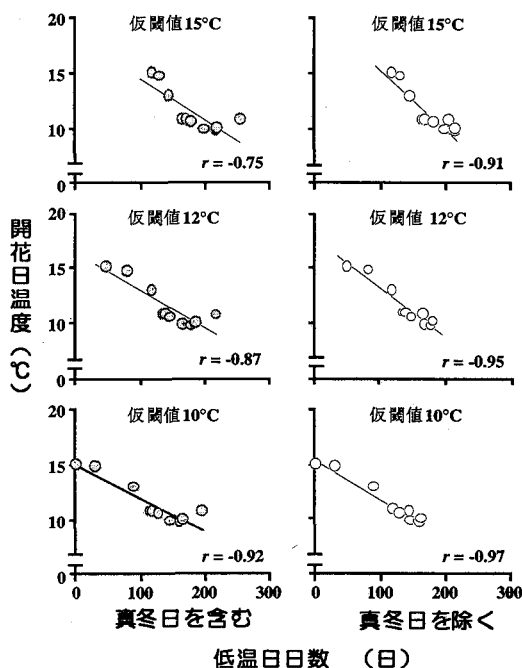


図5 9月1日から開花日までの低温日日数と開花日温度の関係(10, 12, 15℃を仮閾値とした場合)

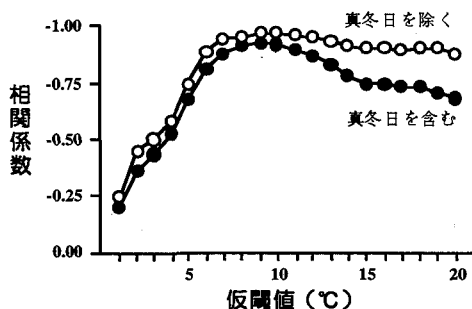


図6 仮閾値の違いが9月1日から開花日までの低温日日数と開花日温度の相関係数に及ぼす影響

時期を追って南方から北方へ向かって進まず、平年開花日は、太平洋側を中心に北緯31°から北緯35°の地点で近く、これより北方では緯度が高くなるほど遅れた。なかでも東京の平年開花日は3月28日であるが、緯度で4°南の鹿児島では26日で、その差は2日間であった。しかし東京から4°北の宮古での平年開花日は4月19日であり、東京との差は22日間に延びた。

つぎに、開花日の変動幅は、太平洋側を中心に緯度の高い地域では緯度の低い地域よりも変動幅が大きくなった。暖冬年の開花日は、平年に比べ北緯34°付近から38°の各地で5～9日間早く、北緯30°44′の種子島で22日間も遅れた。暖冬年の開花日は、関東地方沿岸で最も早く、これを境に南北に進み、全国的に早まらなかった。厳冬年では、南から北方へ順に開花日が記録され、開花日は全国的に北方ほど遅れ、最大幅は八戸での21日間であった。また、全国的に開花日が早まったのは、冬は平年通りに寒く春の平均気温が平年値よりも高い年であった。

本論では、花芽の休眠解除が進む「低温日」を仮に日平均気温10℃と15℃以下、その中間の12℃以下の日とし、休眠導入期から開花までの低温日の日数と開花日温度の関係を検討した。真冬日を除く低温日日数が多いほど開花日温度が低下し、低温遭遇期間が長くなることによって休眠解除がより進むものと考えられた。暖冬年に南方の地点で開花日が遅れるのは、低温日日数が少なく、低温不足によって平年のように休眠解除が進まずに開花日が遅れたものと考えられる。

5 参考文献

- 1) 石井幸夫 (1992) : サクラの開花期に及ぼす温度と光の影響 : 櫻の科学 2, 29-36
- 2) 岩崎文雄 (1993) : サクラの開花に及ぼす温度の影響 : 櫻の科学 3, 1-11
- 3) 藤原滉一郎, 永田洋ほか (1996) : 森林地域における酸性雨等地球環境モニタリング体制の確立 : 平成5～7年度科学研究費補助金試験研究A研究成果報告書, pp226
- 4) 気象庁 (1988) : 気象庁技術報告 110, pp233
- 5) 百瀬成夫 (1972) : 日本の動植物季節前線図 : 丸の内出版, 東京, 181pp
- 6) OMASA K., KAI K., TAODA H., UCHIJIMA Z. and YOSHINO M. (199n) : Climate change and plant in east Asia, Springer, 85-107
- 7) 気象庁 (1986) : 昭和60年度農業気象年報, p87
- 8) 気象庁 (1987) : 昭和61年度農業気象年報, p87
- 9) 気象庁 (1988) : 昭和62年度農業気象年報, p103
- 10) 気象庁 (1989) : 昭和63年度農業気象年報, p103
- 11) 気象庁 (1990) : 平成元年度農業気象年報, p87
- 12) 気象庁 (1991) : 平成2年度農業気象年報, p101
- 13) 気象庁 (1992) : 平成3年度農業気象年報, p97
- 14) 気象庁 (1993) : 平成4年度農業気象年報, p99
- 15) 気象庁 (1994) : 平成5年度農業気象年報, p93
- 16) 永田洋, 中島敦司, 万木豊 (1994) : 樹木の芽の休眠 : 三重大学演習林報 18, 17-42
- 17) 理科年表CD-ROM (1995) : 丸善株式会社, 東京
- 18) VEGIS A. (1964) : Dormancy in higher plants : Ann. Rev. Plant physiol. 15, 185-224
- 19) VILLIERS T.A. (1975) : Dormancy and the Survival of Plants : Studies in Biology 57, Edward ARNOLD LTD., London, 1-12