

# 新しいサクラの開花予想

平成8年12月

Dec. 1996

気 象 庁

## 1. はじめに

気象官署におけるサクラの開花予想に関する調査は明治時代の末ごろから始まり、各地で開花予想式が作成され、報道機関の任意取材に応じてきた。戦後、人々からサクラの開花予想に対する要望が高まったため、1951年から関東地方、1955年から沖縄・奄美地方を除く全国を対象として開花予想を発表するようになった。現在、サクラの開花予想は春の到来を表す季節の情報として人々に親しまれている。

1995年までの開花予想は、気温や降水量などの気象要素やツボミの重さを用いた予想式から予想日を計算し、この予想日に長期予報や週間予報を加味するなどして、官署ごとに行ってきた（産業気象課、1983）。これらの開花予想は、予想式が官署ごとに異なり、最終的には人間の経験を加えているため、隣接する官署でも予想開花日に大きな差が出るがあった。

一方、近年植物の生理に関する研究が進み、その知識を応用したソメイヨシノの開花日の推定に関する研究（青野・小元、1989、1990）や、この研究の一部を基にした産業気象課内でのサクラの開花予想の業務実験（産業気象課、1993）が行われた。

また、気象庁内では計算機システムとデータの整備が進み、多量のデータを迅速に処理することが容易になるとともに、予報の技術開発が進み週間予報の対象要素として気温予報が行われるようになった。

これらを踏まえて、産業気象課では1995年に植物の生長と気温の関係についての知識を利用した新しい開花予想（以下「新しい開花予想」という。）の業務化に取り組み、1996年から開始した。

新しい開花予想は、従来の開花予想と比べて次の特徴がある。

- ①花芽の生長段階（休眠、覚醒、生長）に応じた気温の影響を予想式に反映した。
- ②気温予報値を予想式に組み込んであるので、客観性が高い。
- ③統一した方法で計算することから、予想開花日の隣接官署間のばらつきが小さい。
- ④予想開花日の誤差の原因を把握しやすく、予想式の改善が全国に反映される。
- ⑤開花予想の発表日の変更にも柔軟に対応できる。

本資料では、新しい開花予想のしくみを解説するとともに、新しい開花予想による1994年と1995年の検証、1996年の開花予想の手順および検証結果について記述する。

## 2. 新しい開花予想のしくみ

サクラは、前年の夏に翌春咲く花の元となる花芽を形成する。花芽はそれ以上生長することなく休眠に入り、秋から冬にかけての低温に一定期間さらされると休眠から覚める（これを「休眠打破」という）。その後、花芽は春先の気温の上昇とともに生長するが、この生長量は気温が高ければ大きく、春先の気温が高い年には早く開花する（図1）。

一方、九州や四国など暖かい地方では、秋から冬にかけての期間が暖かく経過した年は、春先の気温が高く経過しても開花が遅れる現象が起きることが経験的に知られていた。これは休眠打破が不十分であったために生じる現象で、暖地の開花予想を難しくしている要因である。

花芽の休眠はある日突然破られるのではなく、徐々に破られると考えられている。また、

花芽の生長は休眠打破の完了後に始まるのではなく、休眠打破の進行中にも徐々に進んでいると考えられている。つまり、花芽が休眠から生長に移るのに明確な区切りがあるのではなく、休眠打破と生長の両方が同時に進む過渡的な期間が存在すると考えられる。

これらのことから、開花日を予想するには、休眠打破が始まってから開花するまでの各ステージにおける花芽の生長量を求めれば良い。しかし、現在植物生理に基づき花芽の生長を直接求める手法はない。したがって、花芽の生長に最も影響を及ぼす気温を用いて花芽の生長を推定する方法をとった。

休眠打破の程度を推定する指標として「チルユニット<sup>[注1]</sup>」、花芽の生長を推定する指標として「温度変換日数<sup>[注2]</sup>」を用いた。

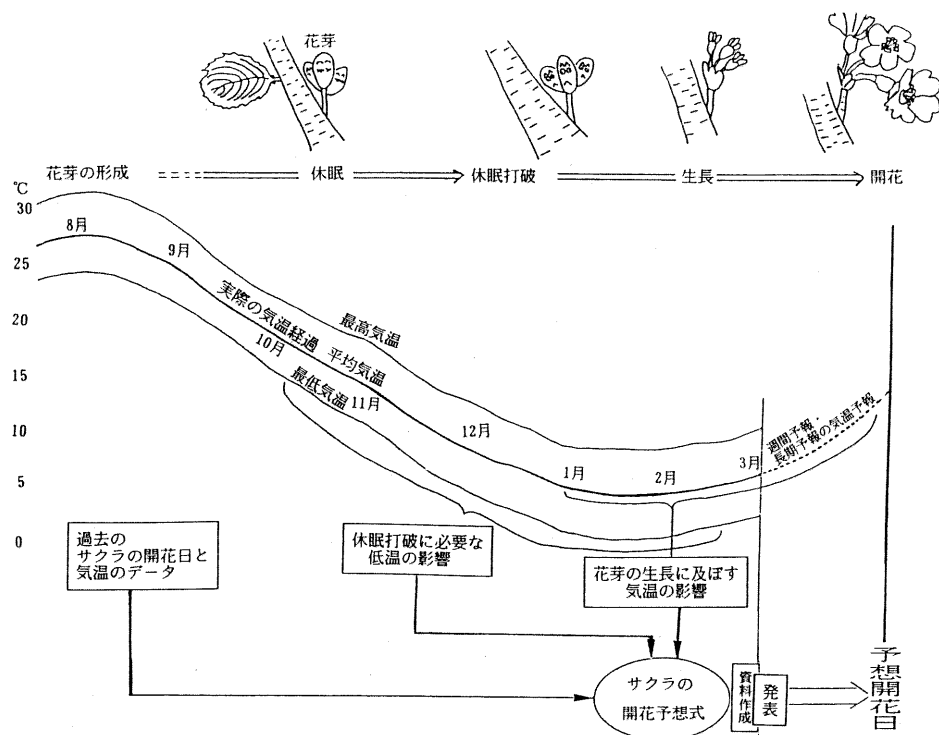


図1 新しい開花予想のしくみ

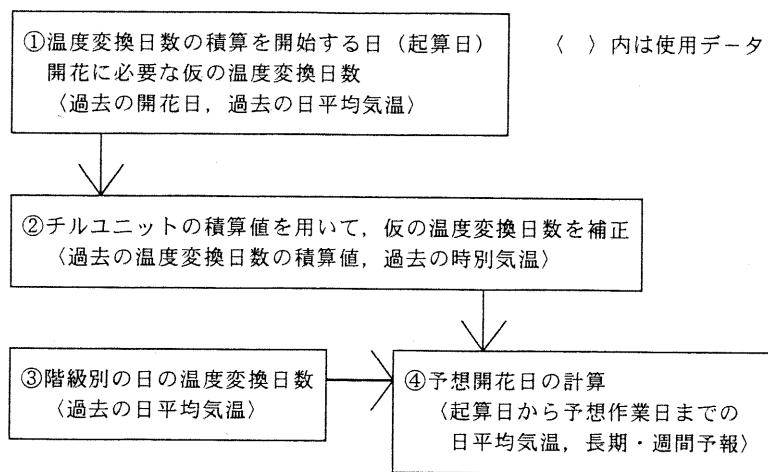


図2 新しい開花予想のフローチャート

図2に計算手順の概要を示す。最初に各官署ごとに過去の開花日と気温から温度変換日数の積算を開始する日(起算日)と開花に必要な仮の温度変換日数を求める。この仮の温度変換日数をチルユニットの積算値を用いて開花に必要な温度変換日数に補正し、最後に予想年の日平均気温から求めた温度変換日数を起算日から積算し、予想開花日を求める。

### 2-1. 温度変換日数

温度変換日数は、花芽の生長速度の温度依存性が化学反応におけるアレニウスの式<sup>[注3]</sup>に従うという仮定と、標準温度での生長量が時間換算で1日分であるとして求められる(金野・杉原, 1986)。

予想に用いる1日分の温度変換日数(DTS)の式は以下で表される。

$$DTS = \exp \left\{ \frac{9.5 * 10^3 (T_i - T_s)}{T_i * T_s} \right\} \quad [1] \quad [注4]$$

ここで $T_i$ は日平均気温(K)、 $T_s$ は標準温度(288.2K=15℃<sup>[注5]</sup>)を表す。

上の係数 $9.5 * 10^3$ は予想地点、年によらない定数で、1961~1990年の開花日と気温のデータから決定した(気象庁産業気象課, 1993)。温度変換日数は[1]式から、日平均気温が15℃では1日、5℃、25℃ではそれぞれ約0.3日、3.3日となる。

この温度変換日数はサクラの花芽の1日の生長を時間(日単位)に換算した量である。起算日および開花に必要な温度変換日数は、過去のデータを用いて統計手法により求める。すなわち、1月1日から平均開花日の15日前までのそれぞれの日を起算日と仮定して開花日までの温度変換日数を積算し、平均の温度変換日数に達した日を推定開花日とし、この推定開花日と実際の開花日とのRMSE(2乗平均平方根誤差)を最小とする起算日とその時の温度変換日数の積算値を開花予想に使用する。この時の起算日は、低温による休眠打破の進行と高温による花芽の生長、それぞれの累年の誤差が最小になる統計的な平均日と考えられる。

このようにして求めた推定開花日のRMSEは、東北と北陸では平均1~2日と小さく、四国や九州では2~3日と大きくなる。暖地で誤差が大きいことは休眠打破の強弱の影響と考えられ、この誤差の改善のために以下のチルユニットの積算値による温度変換日数の補正という考え方を導入した。

### 2-2. チルユニットを用いた温度変換日数の補正

四国や九州では冬季の気温が高めに経過したため、休眠打破が充分行われないうまま暖かくなる年がある。冬が暖かく開花が早まりそのような年で逆に開花が遅れるという、通常の間感とは異なる現象が起こる。そこで、休眠打破に有効な低温の効果を数値化するための指標としてチルユニットを導入し、その積算値で開花に必要な温度変換日数を補正した。

チルユニットは、植物の種類によって異なった数値が用いられるが、ここではサクラと

表1 気温とチルユニットの関係

気温(℃)	チルユニットの値(時間)
≤ 1.4	0
1.5 - 2.4	0.5
2.5 - 9.1	1.0
9.2 - 12.4	0.5
12.5 - 15.9	0
16.0 - 18.0	-0.5
18.1 ≤	-1.0

同属のモモについて提案されているチルユニット (Richardson, 1974) を使用する (表 1)。表 1 にあるように 5℃ 前後の低温が休眠打破に最も効果があり、0℃ 以下の気温は効果がない。

チルユニットの積算量は地点ごとに毎年異なっている。そこで、過去の気温データを用い、秋からのチルユニットの積算値が最小となった日をチルユニット積算の開始日とし、統計的に最適な日 (チルユニット積算の終算日) まで積算を行う。チルユニット積算の終算日は、サクラの促成栽培では 12 月下旬から 1 月上旬には花芽の生長が開始される (花岡ら, 1980) と言われていること、および 2 月 21 日から開花予想作業を開始することから、12 月 21 日から温度変換日数の起算日 (起算日が 2 月 21 日以降の場合は 2 月 20 日) までの期間で求めた。チルユニット積算の終算日は、12 月 21 日から温度変換日数の起算日まで数十個計算されるチルユニットの積算値と各年の開花日までの温度変換日数の積算値との単回帰式を求め、回帰式の相関関係が最大になるように選択する。そして、その関係式で予想年の開花に必要な温度変換日数の積算値を補正する。

計算の結果、チルユニットの積算を開始する日は毎年概ね 16℃ 以上の日最高気温が出なくなった日と一致し、また、チルユニット積算の終算日は多くの地点で 12 月下旬から 1 月中旬の間となった。

なお、チルユニット積算の終算日から温度変換日数の起算日までの期間についても、花芽はわずかずつ生長していると考えられる。しかし、この期間は、気温が低く生長量が少ないことと休眠打破の進行に及ぼす気温の効果を数値化することが困難であることから考慮しなかった。

### 3. 気温予報の利用

予想開花日は起算日から毎日の温度変換日数を積算し、あらかじめ求めておいた温度変換日数に最も近い値になった日である。毎日の温度変換日数を積算するには、予想作業日までの気温とそれ以降の気温が必要である。予想作業日までの気温は実測の日平均気温を用い、予想作業日以降の気温は週間予報で予報される日平均気温資料と長期予報の気温予報資料を用いることとした。

#### 3-1. 週間予報の利用

1994 年 3 月 10 日から週間予報のガイダンス予報が始まり、現在地方气象台等 (1996 年の開花予想では 107 地点中 66 地点) を対象として、発表日の翌日から 8 日間の日平均気温が数値として計算されている。この資料を予想作業日から 8 日後までの温度変換日数の計算に用いる。一方、日平均気温が計算されていない地点 (1996 年の開花予想では 107 地点中 41 地点) については、隣接地点の平年差をその地点の日平均気温平年値に加えた値を当該地点の日平均気温として温度変換日数の計算に用いる。

#### 3-2. 長期予報の利用

週間の気温予報が利用できない期間は、長期予報の気温予報を利用する。現在長期予報の気温予報は、「低い、平年並、高い」の 3 つの階級で予報されている。この階級の気温予報のままでは温度変換日数の計算には使用できないため、気温予報に対応する階級別の

日の温度変換日数を過去資料から作成する。

作成方法は、[1]式を用いて各年の旬平均気温に対応する温度変換日数を求め、それを各旬の平均気温の階級ごとに選んでそれぞれ3階級ごとに平均し、その値をスプライン関数で内挿して求める。

この計算には日本気候表に掲載されている解説用階級区分の「かなり低い」と「やや低い」を「低い」, 「平年並」を「平年並」, 「やや高い」と「かなり高い」を「高い」に対応させた。例えば東京の3月下旬においては、8.8℃以下を「低い」, 8.9℃以上10.8℃以下を「平年並」, 10.9℃以上を「高い」とする。ただし、解説用階級区分値が掲載されていない地点は高い階級を平年値プラス0.9℃以上、低い階級を平年値マイナス0.9℃以下とした。また、気温統計が接続されているデータのみを使用すると、統計年数が少ないために階級別の日の温度変換日数が作成できなくなる地点があるため、官署移転等による気温統計の切断は考慮していない。

なお、日平均気温の平年値(1961~1990年の累年平均値)をそのまま[1]式に代入して求めた温度変換日数を積算して予想開花日を求めると、予想開花日は平年の開花日より2~4日の遅れがみられた。これは温度変換日数が指数関数であるため、平滑平均した平年値では日々の気温の変動が消されていたためである。

#### 4. 新しい手法による過去の開花予想の検証

気温と開花日のデータがそろっている全国110地点について、1961年~開花予想前年までの開花日と日平均気温、1961年~開花予想年の特別気温、および開花予想年の週間予報と長期予報の気温予報を用いて、1994年と1995年の開花予想の検証を行った。

##### 4-1. 1994年

表2と図3に2月21日、3月1日、3月11日、3月21日、4月1日、5月21日の時点で予想した開花日とその誤差(予想開花日-実際の開花日)を示す。なお、2月21日と3月10日の開花予想には、週間予報の気温ガイダンス予報の開始が3月10日のため、週間予報は用いていない。

当然のことであるが、誤差は実況値の割合が多くなるにしたがって減少する。2月21日時点の予想の誤差がマイナス側にシフトしたのは、3月の気温が「高い」予報であったが、実際の気温は東日本が「平年並」、西日本が「平年並~低い」となったためであると推測される。一方、3月21日の予想の誤差がプラス側にシフトしたのは、4月の気温が「低い」予報であったが、実際の気温は北日本で「平年並」、東日本と西日本で「高い」となったためであると推測される。

次に、3月16日までの気温の実況値とその後の気温予報を基にした新しい開花予想と、3月18日に発表した各官署が作成した開花予想(九州~東北の89地点を予想)を比較した。

図4は新しい開花予想による予想開花日と従来の方法による予想開花日のそれぞれの誤差の頻度分布である。新しい開花予想による頻度分布は従来のものと比較して、誤差が0日となった地点は4地点少ないが、±2日以内となった地点は2地点多い。新しい開花予想の誤差はプラス側にシフトし、従来の開花予想の誤差はマイナス側にシフトした。これは、主に新しい開花予想が気温予報に依存する割合が高く、従来の開花予想が気温の実況

に依存する割合が高いためであると推測される。また、予想作業日以降も気温の実況値を用いた場合の誤差は点線のとおりになり、気温予報が実況と一致した場合には精度が著しく改善されることを示している。

図5は新しい開花予想による評価を示したもので、新しい開花予想による誤差の絶対値から、従来の方法による誤差の絶対値を引いたものである。誤差が小さくなった地点は37地点、大きくなった地点は46地点、同じ地点は6地点である。4月以降に開花した長野県、北陸地方、東北地方の誤差が大きいのは、主に長期予報が2階級はずれたことが原因であると思われる。

#### 4-2. 1995年

表3と図6に2月21日、3月1日、3月11日、3月21日、4月1日、5月21日の時点で予想した開花日とその誤差を示す。1994年と同じく誤差は実況値の割合が多くなるにしたがって減少する。2月21日の予想の誤差がマイナス側にシフトしたのは、3月と4月の気温が「高い」予報であったが、実際の気温は「平年並」となったためであると推測される。

次に、3月15日までの気温の実況値とその後の気温予報を基にした新しい開花予想と、3月17日に発表した各官署が作成した開花予想（九州～東北の88地点を予想）を比較した。

図7は新しい開花予想による予想開花日と従来の方法による予想開花日のそれぞれの誤差の頻度分布である。新しい開花予想による頻度分布は従来のものと比較して、誤差が0日となった地点は2地点少ないが、±2日以内となった地点は7地点多く、精度は従来の方法によるものと比べて同等以上である。また、予想作業日以降も気温の実況値を用いた場合の誤差は点線のとおりになり、気温予報が実況と一致した場合には精度が著しく改善されることを示している。

図8は新しい開花予想による評価を示したもので、新しい開花予想による誤差の絶対値から、従来の方法による誤差の絶対値を引いたものである。誤差が小さくなった地点は36地点、大きくなった地点は32地点、同じ地点は20地点である。開花に春先の気温だけでなく、秋から冬にかけて気温が高かった関東から四国にかけての沿岸地域と九州での改善が目だっている。

表2-1 1994年の各予想作業日における予想開花日

地域	地点	各予想作業日における予想開花日												実際の開花日
		2月21日		3月1日		3月11日		3月21日		4月1日		5月21日		
		月日	誤差	月日	誤差	月日	誤差	月日	誤差	月日	誤差	月日	誤差	
北海道	稚留旭網札岩見	5.17	+1	5.18	+2	5.18	+2	5.18	+2	5.17	+1	5.16	0	5.16
	内萌川走幌沢広路室蘭河館安別尾	5.12	-2	5.12	-2	5.12	-2	5.13	-1	5.13	-1	5.11	-3	5.14
	稚留旭網札岩見	5.8	-3	5.9	-2	5.9	-2	5.10	-1	5.8	-3	5.10	-1	5.11
	内萌川走幌沢広路室蘭河館安別尾	5.16	+3	5.16	+3	5.17	+4	5.17	+4	5.16	+3	5.14	+1	5.13
	稚留旭網札岩見	5.4	-2	5.5	-1	5.5	-1	5.6	0	5.3	-3	5.4	-2	5.6
	内萌川走幌沢広路室蘭河館安別尾	5.5	-3	5.6	-2	5.6	-2	5.7	-1	5.6	-1	5.7	-1	5.8
	稚留旭網札岩見	5.7	+1	5.7	+1	5.7	+1	5.8	+2	5.3	-3	5.6	0	5.6
	内萌川走幌沢広路室蘭河館安別尾	5.18	+5	5.18	+5	5.18	+5	5.18	+5	5.16	+3	5.14	+1	5.13
	稚留旭網札岩見	5.24	+5	5.24	+5	5.24	+5	5.25	+5	5.24	+5	5.19	0	5.19
	内萌川走幌沢広路室蘭河館安別尾	5.8	+2	5.9	+3	5.9	+3	5.10	+4	5.8	+2	5.7	+1	5.6
	稚留旭網札岩見	5.12	-1	5.14	+1	5.14	+1	5.15	+2	5.13	0	5.12	-1	5.13
	内萌川走幌沢広路室蘭河館安別尾	5.3	+3	5.4	+4	5.4	+4	5.6	+6	5.3	+3	5.4	+4	4.30
	稚留旭網札岩見	5.14	0	5.15	+1	5.15	+1	5.16	+2	5.15	+1	5.12	-2	5.14
	内萌川走幌沢広路室蘭河館安別尾	5.13	+2	5.14	+3	5.14	+3	5.15	+4	5.14	+3	5.11	0	5.11
稚留旭網札岩見	5.10	+2	5.12	+4	5.12	+4	5.13	+5	5.11	+3	5.7	-1	5.8	
東北	大船渡庄松浦森つ戸岡古田形台巻石福白小	4.15	-1	4.18	+2	4.18	+2	4.20	+4	4.21	+5	4.16	0	4.16
	大船渡庄松浦森つ戸岡古田形台巻石福白小	4.20	0	4.22	+2	4.21	+1	4.23	+3	4.23	+3	4.21	+1	4.20
	大船渡庄松浦森つ戸岡古田形台巻石福白小	4.14	0	4.17	+3	4.17	+3	4.18	+4	4.17	+3	4.16	+2	4.14
	大船渡庄松浦森つ戸岡古田形台巻石福白小	4.23	-1	4.25	+1	4.26	+2	4.28	+4	4.28	+4	4.27	+3	4.24
	大船渡庄松浦森つ戸岡古田形台巻石福白小	4.24	+2	4.25	+3	4.25	+3	4.27	+5	4.25	+3	4.22	0	4.22
	大船渡庄松浦森つ戸岡古田形台巻石福白小	4.26	+3	4.28	+5	4.28	+5	4.29	+6	4.27	+4	4.24	+1	4.23
	大船渡庄松浦森つ戸岡古田形台巻石福白小	5.22	-1	4.25	+2	4.25	+2	4.26	+3	4.25	+2	4.23	0	4.23
	大船渡庄松浦森つ戸岡古田形台巻石福白小	4.18	-1	4.20	+1	4.20	+1	4.22	+3	4.21	+2	4.21	+2	4.19
	大船渡庄松浦森つ戸岡古田形台巻石福白小	4.21	0	4.23	+2	4.23	+2	4.25	+4	4.23	+2	4.22	+1	4.21
	大船渡庄松浦森つ戸岡古田形台巻石福白小	4.17	0	4.20	+3	4.20	+3	4.22	+5	4.21	+4	4.17	0	4.17
	大船渡庄松浦森つ戸岡古田形台巻石福白小	4.13	-2	4.16	+1	4.15	0	4.18	+3	4.18	+3	4.15	0	4.15
	大船渡庄松浦森つ戸岡古田形台巻石福白小	4.14	-1	4.16	+1	4.16	+1	4.18	+3	4.17	+2	4.15	0	4.15
	大船渡庄松浦森つ戸岡古田形台巻石福白小	4.8	-3	4.11	0	4.12	+1	4.14	+3	4.11	0	4.12	+1	4.11
	大船渡庄松浦森つ戸岡古田形台巻石福白小	4.14	-1	4.17	+2	4.17	+2	4.19	+4	4.20	+5	4.16	+1	4.15
大船渡庄松浦森つ戸岡古田形台巻石福白小	4.7	-1	4.10	+2	4.10	+2	4.12	+4	4.10	+2	4.10	+2	4.8	
大船渡庄松浦森つ戸岡古田形台巻石福白小	4.11	-3	4.15	+1	4.15	+1	4.18	+4	4.18	+4	4.14	0	4.14	
大船渡庄松浦森つ戸岡古田形台巻石福白小	4.5	-2	4.10	+3	4.9	+2	4.11	+4	4.10	+3	4.7	0	4.7	
北陸	輪相新金伏富高福敦	4.11	-1	4.14	+2	4.15	+3	4.15	+3	4.15	+3	4.13	+1	4.12
	輪相新金伏富高福敦	4.12	-1	4.15	+2	4.15	+2	4.16	+3	4.16	+3	4.14	+1	4.13
	輪相新金伏富高福敦	4.11	0	4.14	+3	4.14	+3	4.14	+3	4.12	+1	4.12	+1	4.11
	輪相新金伏富高福敦	4.5	-6	4.10	-1	4.10	-1	4.11	0	4.8	-3	4.8	-3	4.11
	輪相新金伏富高福敦	4.8	-3	4.13	+2	4.13	+2	4.13	+2	4.14	+3	4.12	+1	4.11
	輪相新金伏富高福敦	4.7	-4	4.12	+1	4.13	+2	4.13	+2	4.10	-1	4.11	0	4.11
	輪相新金伏富高福敦	4.10	0	4.13	+3	4.13	+3	4.13	+3	4.13	+3	4.11	+1	4.10
	輪相新金伏富高福敦	4.3	-4	4.9	+2	4.9	+2	4.10	+3	4.7	0	4.6	-1	4.7
	輪相新金伏富高福敦	4.1	-4	4.7	+2	4.7	+2	4.8	+3	4.8	+3	4.6	+1	4.5
	輪相新金伏富高福敦	4.11	-1	4.14	+2	4.15	+3	4.15	+3	4.15	+3	4.13	+1	4.12
輪相新金伏富高福敦	4.12	-1	4.15	+2	4.15	+2	4.16	+3	4.16	+3	4.14	+1	4.13	
関東甲信	長野都宮本訪橋谷戸府湖秩銚東横館	4.15	0	4.19	+4	4.20	+5	4.18	+3	4.17	+2	4.16	+1	4.15
	長野都宮本訪橋谷戸府湖秩銚東横館	3.31	-4	4.6	+2	4.6	+2	4.6	+2	4.4	0	4.4	0	4.4
	長野都宮本訪橋谷戸府湖秩銚東横館	4.13	-1	4.18	+4	4.18	+4	4.17	+3	4.18	+4	4.15	+1	4.14
	長野都宮本訪橋谷戸府湖秩銚東横館	4.19	+3	4.22	+6	4.22	+6	4.21	+5	4.21	+5	4.19	+3	4.16
	長野都宮本訪橋谷戸府湖秩銚東横館	3.29	-4	4.3	+1	4.4	+2	4.4	+2	4.3	+1	4.3	+1	4.2
	長野都宮本訪橋谷戸府湖秩銚東横館	3.28	-4	4.1	0	4.1	0	4.2	+1	4.2	+1	4.1	0	4.1
	長野都宮本訪橋谷戸府湖秩銚東横館	4.1	-4	4.7	+2	4.7	+2	4.7	+2	4.5	0	4.5	0	4.5
	長野都宮本訪橋谷戸府湖秩銚東横館	4.4	-2	4.11	+5	4.12	+6	4.12	+6	4.9	+3	4.8	+2	4.6
	長野都宮本訪橋谷戸府湖秩銚東横館	3.27	-5	4.1	0	3.31	-1	4.1	0	4.1	0	4.1	0	4.1
	長野都宮本訪橋谷戸府湖秩銚東横館	4.17	+2	4.22	+7	4.21	+6	4.21	+6	4.21	+6	4.17	+2	4.15
	長野都宮本訪橋谷戸府湖秩銚東横館	4.2	-3	4.7	+2	4.7	+2	4.8	+3	4.8	+3	4.5	0	4.5
	長野都宮本訪橋谷戸府湖秩銚東横館	3.28	-7	4.3	+1	4.4	0	4.5	+1	4.3	-1	4.4	0	4.4
	長野都宮本訪橋谷戸府湖秩銚東横館	3.26	-5	3.29	-2	3.30	-1	3.31	0	3.31	0	3.31	0	3.31
	長野都宮本訪橋谷戸府湖秩銚東横館	3.25	-7	3.29	-3	3.30	-2	3.31	-1	3.31	-1	3.31	-1	4.1
長野都宮本訪橋谷戸府湖秩銚東横館	3.29	-5	4.4	+1	4.4	+1	4.5	+2	4.5	+2	4.3	0	4.3	

注) 表中の「誤差」は予想開花日と実際の開花日との差である。



表2-2 1994年の各予想作業日における予想開花日

地域	地点	各予想作業日における予想開花日												実際の開花日
		2月21日		3月1日		3月11日		3月21日		4月1日		5月21日		
		月日	誤差	月日	誤差	月日	誤差	月日	誤差	月日	誤差	月日	誤差	
関東甲信	勝浦 浦島 大三宅島 八丈島 千島葉	3.28	-6	4.2	-1	4.2	-1	4.4	+1	4.4	+1	4.3	0	4.3
		3.28	-6	4.2	-1	4.2	-1	4.2	-1	4.2	-1	4.1	-2	4.3
		3.26	-8	3.31	-3	3.30	-4	3.31	-3	4.1	-2	4.1	-2	4.3
		4.1	-3	4.5	+1	4.5	+1	4.6	+2	4.5	+1	4.5	+1	4.4
		3.28	-6	3.31	-3	4.1	-2	4.3	0	4.3	0	4.2	-1	4.3
東海	高岐山 山 名古屋古屋 上野津 浜静松 三尾岡 網代	4.18	0	4.22	+5	4.22	+5	4.20	+2	4.20	+2	4.19	+1	4.18
		3.28	-3	4.2	+2	4.2	+2	4.3	+3	4.3	+3	4.2	+2	3.31
		3.27	-3	3.31	0	4.1	+1	4.1	+1	4.2	+2	4.2	+2	3.31
		4.1	-4	4.7	+2	4.7	+2	4.8	+3	4.7	+2	4.5	0	4.5
		3.30	-4	4.4	+1	4.4	+1	4.5	+2	4.4	+1	4.4	+1	4.3
		3.26	-8	3.30	-4	3.30	-4	3.31	-3	4.1	-2	4.1	-2	4.3
		3.25	-8	3.30	-3	3.31	-2	3.31	-2	4.1	-1	4.1	-1	4.2
		3.29	-4	4.2	0	4.2	0	4.3	+1	4.4	+2	4.3	+1	4.2
		3.26	-7	3.30	-3	3.30	-3	4.1	-1	4.2	0	4.2	0	4.2
3.27	-7	3.31	-3	4.1	-2	4.2	-1	4.3	0	4.2	-1	4.3		
近畿	豊舞岡 岡 舞鶴都 京根 彦路 姫神戸 大洲阪 和歌山 潮歌岬 奈良	4.2	-4	4.8	+2	4.7	+1	4.9	+3	4.7	+1	4.6	0	4.6
		4.2	-4	4.8	+2	4.8	+2	4.10	+4	4.8	+2	4.7	+1	4.6
		3.29	-5	4.5	+2	4.5	+2	4.6	+3	4.5	+2	4.4	+1	4.3
		4.3	-2	4.8	+3	4.8	+3	4.9	+4	4.7	+2	4.6	+1	4.5
		3.30	-4	4.5	+2	4.5	+2	4.6	+3	4.6	+3	4.5	+2	4.3
		3.27	-6	4.1	-1	4.2	0	4.3	+1	4.3	+1	4.3	+1	4.2
		3.28	-3	4.2	+2	4.2	+2	4.3	+3	4.3	+3	4.2	+2	3.31
		3.28	-5	4.1	-1	4.1	-1	4.2	0	4.3	+1	4.2	+1	4.2
		3.25	-7	3.30	-2	3.30	-2	3.31	-1	4.1	0	4.1	0	4.1
		3.25	-9	3.31	-3	3.31	-3	4.2	-1	4.3	0	4.2	-1	4.3
3.30	-4	4.5	+2	4.5	+2	4.7	+4	4.5	+2	4.5	+2	4.3		
中国	西郷 郷 松江 境 米子 島取 浜田山 津島山 広山 岡山 下山関 山口	4.4	-3	4.9	+2	4.9	+2	4.10	+3	4.9	+2	4.7	0	4.7
		4.2	-3	4.7	+2	4.8	+3	4.9	+4	4.7	+2	4.6	+1	4.5
		3.30	-6	4.3	-2	4.3	-2	4.5	0	4.6	+1	4.5	0	4.5
		4.1	-4	4.6	+1	4.6	+1	4.7	+2	4.8	+3	4.6	+1	4.5
		4.1	-4	4.6	+1	4.7	+2	4.8	+3	4.6	+1	4.5	0	4.5
		3.28	-5	4.1	-1	4.1	-1	4.3	+1	4.4	+2	4.3	+1	4.2
		3.30	-6	4.6	+1	4.6	+1	4.7	+2	4.6	+1	4.5	0	4.5
		3.28	-3	4.2	+2	4.1	+1	4.1	+1	4.1	+1	4.1	+1	3.31
		3.29	-5	4.3	0	4.2	-1	4.3	0	4.3	0	4.2	-1	4.3
		3.27	-5	3.30	-3	3.30	-3	3.31	-2	3.31	-2	3.31	-2	4.2
3.27	-5	3.31	-1	3.31	-1	4.1	0	4.2	+1	4.2	+1	4.1		
四国	松山 山 高和島 宇高知 徳島 宿毛	3.25	-6	3.29	-2	3.29	-2	3.30	-1	3.31	0	3.31	0	3.31
		3.28	-5	4.1	-1	3.31	-2	4.1	-1	4.1	-1	4.1	-1	4.2
		3.22	-7	3.26	-3	3.27	-2	3.29	0	3.29	0	3.29	0	3.29
		3.20	-10	3.25	-5	3.25	-5	3.26	-4	3.28	-2	3.28	-2	3.30
		3.26	-7	3.30	-3	3.30	-3	3.31	-2	4.1	-1	4.1	-1	4.2
3.20	-8	3.25	-3	3.24	-4	3.25	-3	3.27	-1	3.27	-1	3.28		
九州	巖原 原 福賀分 佐賀崎 大長本 熊延岡 鹿児島 宮崎崎 種子島 福江	3.25	-7	3.28	-4	3.29	-3	3.30	-2	3.30	-2	3.30	-2	4.1
		3.24	-5	3.28	-1	3.28	-1	3.29	0	3.31	+2	3.31	+2	3.29
		3.23	-6	3.27	-2	3.27	-2	3.29	0	3.30	+1	3.30	+1	3.29
		3.25	-5	3.29	-1	3.29	-1	3.30	0	4.1	+2	4.1	+2	3.30
		3.21	-9	3.26	-4	3.26	-4	3.28	-2	3.29	-1	3.29	-1	3.30
		3.21	-7	3.26	-3	3.26	-3	3.28	-1	3.29	0	3.29	0	3.29
		3.22	-8	3.26	-4	3.26	-4	3.28	-2	3.29	-1	3.29	-1	3.30
		3.25	-4	3.28	-1	3.27	-2	3.29	0	3.30	+1	3.30	+1	3.29
		3.24	-6	3.26	-4	3.26	-4	3.28	-2	3.29	-1	3.29	-1	3.30
		3.24	-5	3.30	+1	3.29	0	3.30	+1	3.31	+2	3.31	+2	3.29
3.24	-9	3.29	-4	3.29	-4	3.30	-3	4.1	-1	4.1	-1	4.2		

注) 表中の「誤差」は予想開花日と実際の開花日との差である。

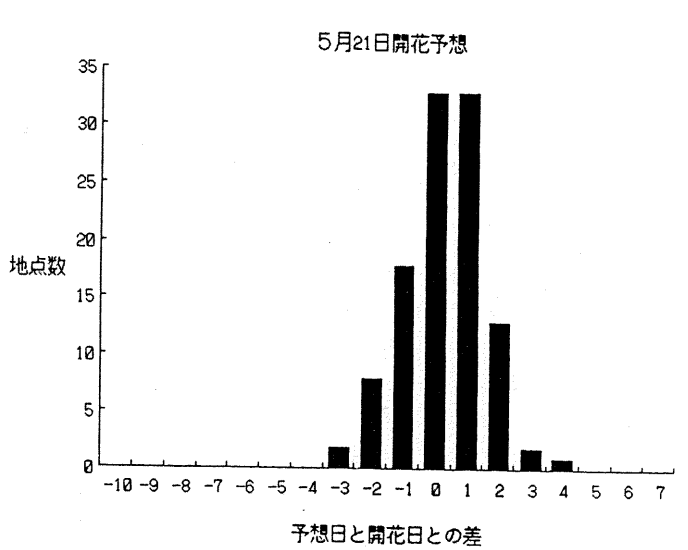
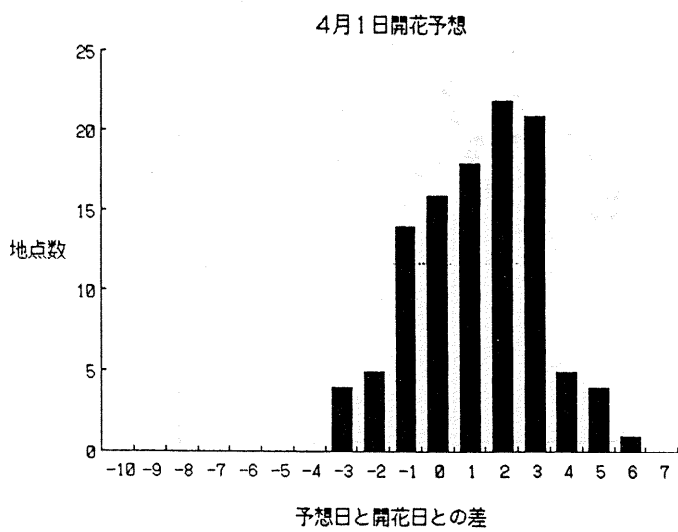
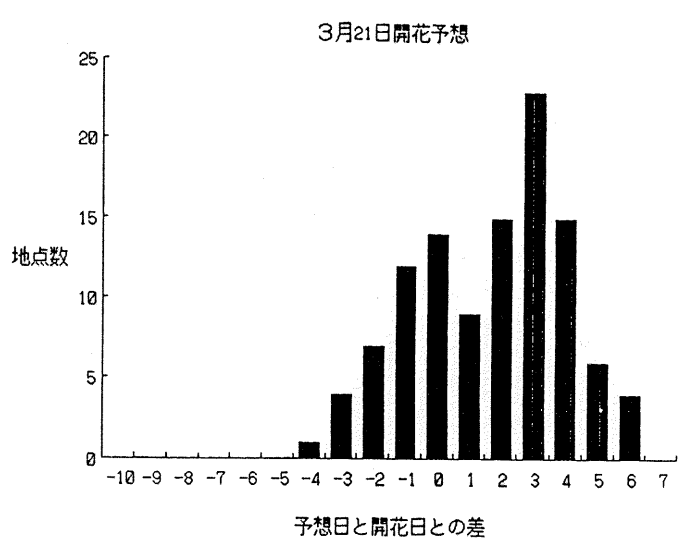
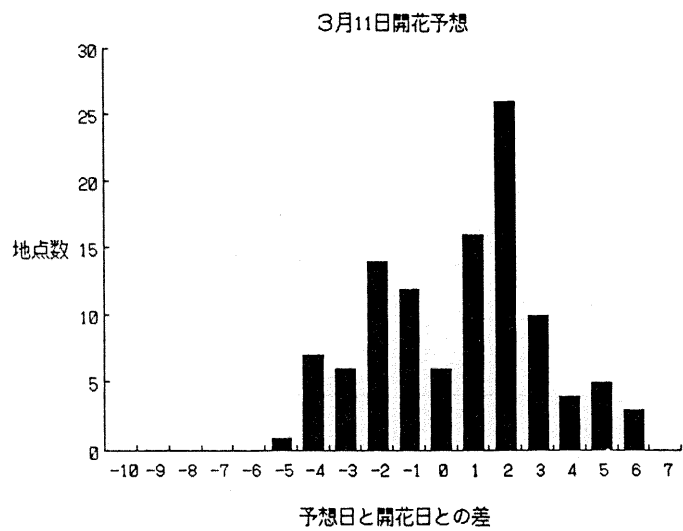
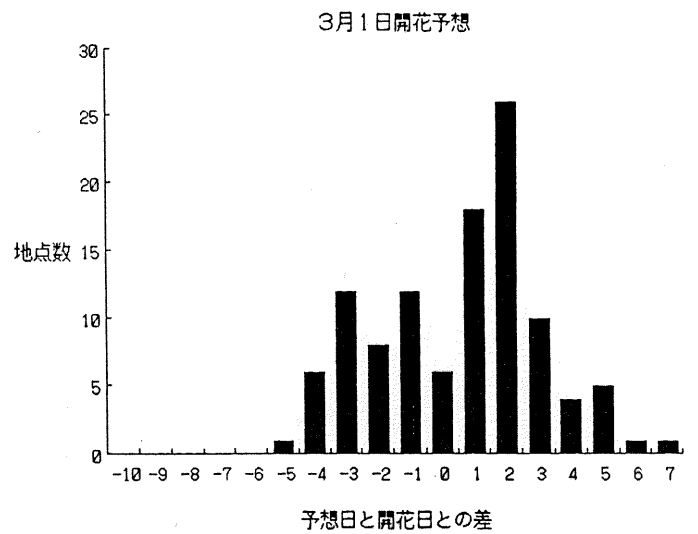
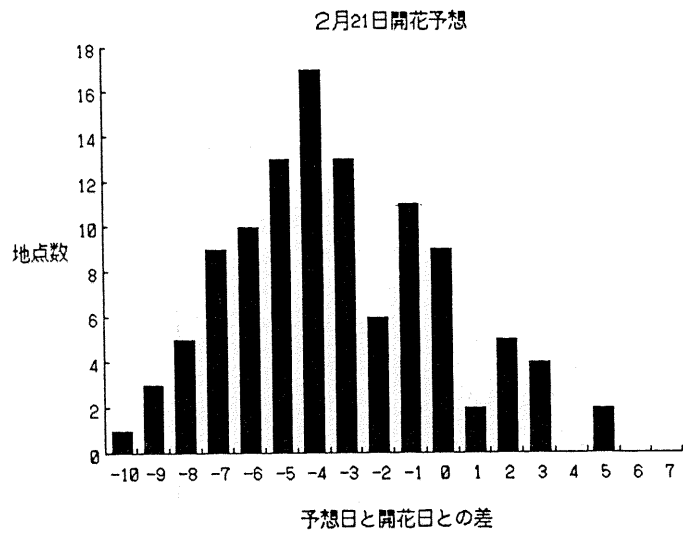


図3 全国110地点の1994年の各予想作業日における予想開花日の誤差(予想開花日-実際の開花日)の頻度分布  
横軸: 予想開花日の誤差

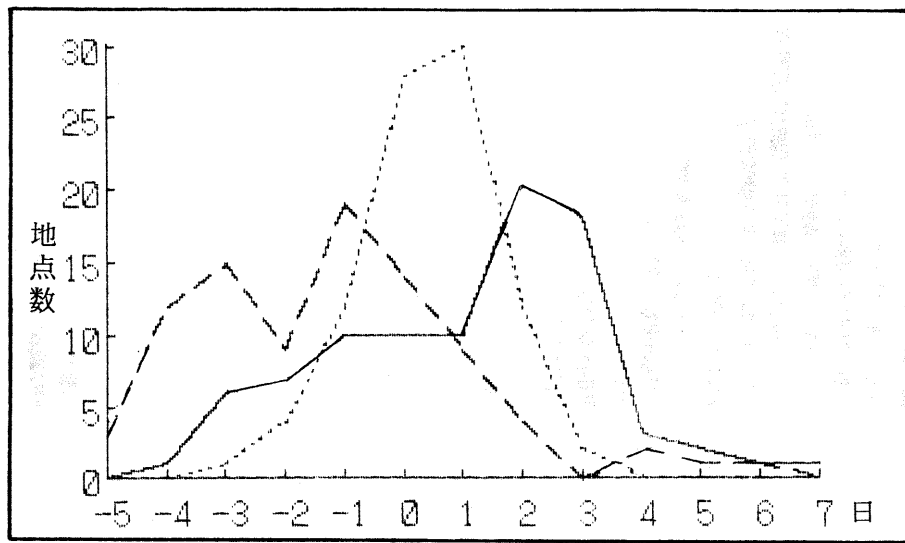


図4 1994年3月18日発表のサクラの開花予想の検証  
 新しい開花予想による予想開花日と従来の方式による予想開花日、  
 それぞれの誤差（予想開花日－実際の開花日）の頻度分布

実線：新しい開花予想による誤差（予想作業日以降は気温予報を用いた場合）  
 破線：従来の方式による誤差（1994年3月18日発表）  
 点線：新しい開花予想による誤差（予想作業日以降も気温実況値を用いた場合）

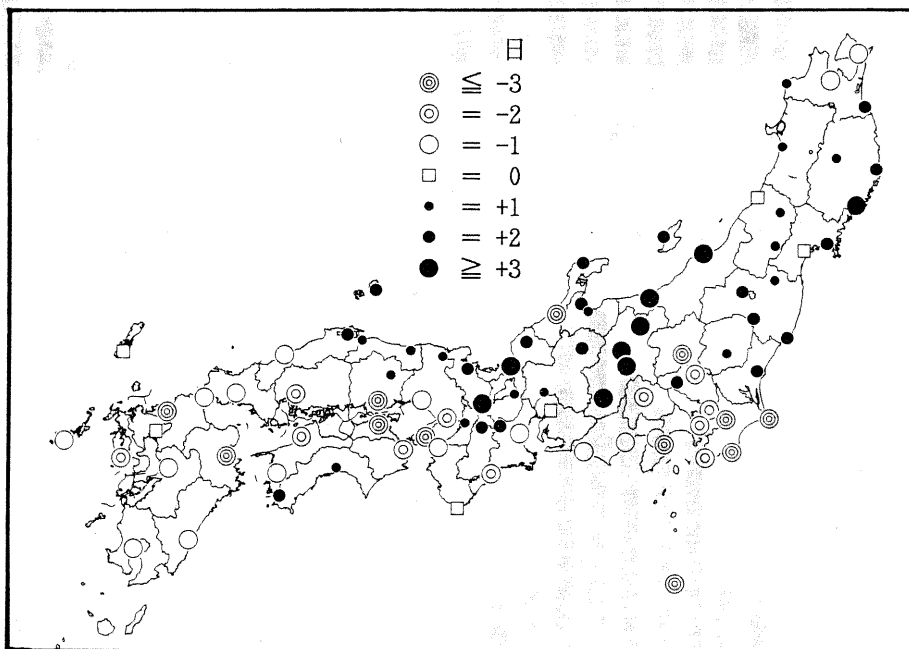


図5 1994年3月18日発表のサクラの開花予想の検証  
 新しい開花予想での予想開花日の評価  
 （新しい開花予想による誤差（予想開花日－実際の開花日）の  
 絶対値から従来の方式による誤差の絶対値を引いたもの）

表3-1 1995年の各予想作業日における予想開花日

地域	地点	各予想作業日における予想開花日												実際の開花日
		2月21日		3月1日		3月11日		3月21日		4月1日		5月21日		
		月日	誤差	月日	誤差	月日	誤差	月日	誤差	月日	誤差	月日	誤差	
北海道	稚留旭網札岩見帯釧根室浦江函知俱紋広 内萌川走幌沢広路室蘭河差館安別尾	5.10	+2	5.11	+3	5.11	+3	5.12	+4	5.14	+6	5.10	+2	5.8
		5.6	+1	5.6	+1	5.8	+3	5.8	+3	5.10	+5	5.4	-1	5.5
		5.1	-1	5.2	0	5.3	+1	5.4	+2	5.6	+4	5.2	0	5.2
		5.6	-2	5.6	-2	5.7	-1	5.8	0	5.10	+2	5.8	0	5.8
		4.28	-3	4.29	-2	4.29	-2	4.29	-2	5.2	+1	4.30	-1	5.1
		4.30	-3	4.30	-3	5.2	-1	5.2	-1	5.5	+2	5.2	-1	5.3
		4.30	-4	5.1	-3	5.1	-3	5.2	-2	5.5	+1	5.4	0	5.4
		5.11	-3	5.12	-2	5.12	-2	5.13	-1	5.14	0	5.12	-2	5.14
		5.15	-3	5.15	-3	5.16	-2	5.17	-1	5.19	+1	5.18	0	5.18
		5.1	-4	5.2	-3	5.2	-3	5.3	-2	5.6	+1	5.5	0	5.5
		5.6	-3	5.7	-2	5.8	-1	5.8	-1	5.11	+2	5.9	0	5.9
		4.27	-2	4.27	-2	4.28	-1	4.28	-1	5.1	+2	4.29	0	4.29
		4.28	-2	4.28	-2	4.28	-2	4.29	-1	5.2	+2	4.30	0	4.30
		5.8	0	5.8	0	5.8	0	5.9	1	5.12	+4	5.6	-2	5.8
		5.4	-3	5.5	-2	5.6	-1	5.7	0	5.10	+3	5.8	+1	5.7
5.2	-3	5.2	-3	5.4	-1	5.4	-1	5.8	+3	5.5	0	5.5		
東北	大船渡庄松浦森つ戸田岡古田形台巻島河石福白小 新若深青む八秋盛宮酒山仙石福白小	4.13	-6	4.14	-5	4.15	-4	4.15	-4	4.17	-2	4.16	-3	4.19
		4.18	-2	4.18	-2	4.19	-1	4.19	-1	4.20	0	4.19	-1	4.20
		4.12	-3	4.12	-3	4.13	-2	4.11	-4	4.14	-1	4.14	-1	4.15
		4.21	-4	4.22	-3	4.23	-2	4.23	-2	4.25	0	4.25	0	4.25
		4.20	-4	4.21	-3	4.21	-3	4.22	-2	4.23	-1	4.23	-1	4.24
		4.23	-2	4.24	-1	4.25	0	4.25	0	4.28	+3	4.26	+1	4.25
		4.19	-4	4.20	-3	4.20	-3	4.21	-2	4.23	0	4.22	-1	4.23
		4.15	-3	4.16	-2	4.16	-2	4.16	-2	4.18	0	4.17	-1	4.18
		4.18	-6	4.19	-5	4.20	-4	4.21	-3	4.22	-2	4.23	-1	4.24
		4.14	-8	4.15	-7	4.17	-5	4.17	-5	4.19	-3	4.19	-3	4.22
		4.12	-3	4.13	-2	4.14	-1	4.13	-2	4.15	0	4.14	-1	4.15
		4.12	-5	4.13	-4	4.13	-4	4.13	-4	4.16	-1	4.16	-1	4.17
		4.9	-2	4.9	-2	4.10	-1	4.10	-1	4.12	+1	4.11	0	4.11
		4.14	-2	4.14	-2	4.16	0	4.16	0	4.17	+1	4.16	0	4.16
		4.6	-3	4.7	-2	4.8	-1	4.7	-2	4.10	+1	4.9	0	4.9
4.11	-7	4.12	-6	4.13	-5	4.13	-5	4.16	-2	4.16	-2	4.18		
4.6	0	4.7	+1	4.8	+2	4.7	+1	4.8	+2	4.7	+1	4.6		
北陸	輪相新金伏富高福敦 島川瀧沢木山田井賀	4.9	-1	4.9	-1	4.10	0	4.9	-1	4.11	+1	4.10	0	4.10
		4.9	-5	4.10	-4	4.11	-3	4.10	-4	4.12	-2	4.11	-3	4.14
		4.8	-1	4.9	0	4.9	0	4.8	-1	4.11	+2	4.9	0	4.9
		4.4	-4	4.5	-3	4.5	-3	4.5	-3	4.7	-1	4.6	-2	4.8
		4.6	-2	4.7	-1	4.8	0	4.7	-1	4.8	0	4.8	0	4.8
		4.5	-2	4.6	-1	4.6	-1	4.6	-1	4.8	+1	4.7	0	4.7
		4.7	-1	4.8	0	4.9	+1	4.8	0	4.9	+1	4.8	0	4.8
		4.4	-1	4.5	0	4.5	0	4.4	-1	4.7	+2	4.6	+1	4.5
		4.3	-1	4.4	0	4.4	0	4.4	0	4.4	0	4.5	+1	4.4
		関東甲信	長宇松諏前熊水飯甲河秩銚東横館 野宮本訪橋谷戸田府湖父子京浜山	4.10	-7	4.11	-6	4.12	-5	4.12	-5	4.16	-1	4.16
4.2	-2			4.3	-1	4.2	-2	4.3	-1	4.4	0	4.5	+1	4.4
4.10	-4			4.11	-3	4.12	-2	4.12	-2	4.15	+1	4.16	+2	4.14
4.13	-5			4.14	-4	4.15	-3	4.15	-3	4.17	-1	4.18	0	4.18
3.31	-5			4.1	-4	3.31	-5	4.1	-3	4.3	-2	4.3	-2	4.5
3.30	-3			3.31	-2	3.30	-3	3.31	-2	4.1	-1	4.1	-1	4.2
4.2	-3			4.3	-2	4.3	-2	4.4	-1	4.5	0	4.5	0	4.5
4.4	-2			4.5	-1	4.5	-1	4.5	-1	4.8	+2	4.8	+2	4.6
3.29	-2			3.30	-1	3.29	-2	3.30	-1	3.30	-1	3.30	-1	3.31
4.13	-6			4.14	-5	4.16	-3	4.17	-2	4.19	0	4.19	0	4.19
4.2	-5			4.3	-4	4.4	-3	4.4	-3	4.6	-1	4.6	-1	4.7
3.30	-3			4.1	-1	3.31	-2	4.1	-1	4.2	0	4.2	0	4.2
3.27	-4			3.28	-3	3.27	-4	3.28	-3	3.29	-2	3.29	-2	3.31
3.27	-4			3.28	-3	3.27	-4	3.28	-3	3.29	-2	3.29	-2	3.31
3.31	-5			4.2	-3	4.2	-3	4.3	-2	4.3	-2	4.3	-2	4.5

注) 表中の「誤差」は予想開花日と実際の開花日との差である。

表3-2 1995年の各予想作業日における予想開花日

地域	地点	各予想作業日における予想開花日												実際の開花日
		2月21日		3月1日		3月11日		3月21日		4月1日		5月21日		
		月日	誤差	月日	誤差	月日	誤差	月日	誤差	月日	誤差	月日	誤差	
関東甲信	勝浦	3.30	-2	4.1	0	4.1	0	4.2	+1	4.2	+1	4.2	+1	4.1
	大三宅	4.1	0	4.2	+1	4.1	0	4.1	0	4.1	0	4.1	0	4.1
	八丈島	3.30	-6	3.31	-5	4.1	-4	4.2	-3	4.2	-3	4.3	-2	4.5
	千代田	4.1	-1	4.3	+1	4.3	+1	4.4	+2	4.6	+4	4.6	+4	4.2
	千葉	3.29	-3	3.30	-2	3.30	-2	3.31	-1	3.31	-1	3.31	-1	4.1
東海	高岐	4.12	-6	4.13	-5	4.13	-5	4.13	-5	4.16	-2	4.17	-1	4.18
	山古	3.30	+3	3.31	+4	3.30	+3	3.31	+4	3.31	+4	3.31	+4	3.27
	名上	3.28	+1	3.29	+2	3.28	+1	3.29	+2	3.28	+1	3.28	+1	3.27
	津	4.3	-1	4.4	0	4.4	0	4.4	0	4.3	-1	4.4	0	4.4
	浜	4.1	-2	4.2	-1	4.1	-2	4.1	-2	4.2	-1	4.2	-1	4.3
	静	3.28	-3	3.30	-1	3.30	-1	3.31	0	3.30	-1	3.30	-1	3.31
	尾	3.28	-4	3.30	-2	3.29	-3	3.30	-2	3.31	-1	3.31	-1	4.1
	網	3.30	-1	4.1	+1	4.1	+1	4.1	+1	3.31	0	3.31	0	3.31
	代	3.29	-4	3.31	-2	3.31	-2	4.1	-1	4.1	-1	4.1	-1	4.2
近畿	豊舞	4.2	-4	4.4	-2	4.5	-1	4.4	-2	4.6	0	4.6	0	4.6
	鶴都	4.2	-4	4.4	-2	4.5	-1	4.4	-2	4.6	0	4.6	0	4.6
	京根	3.31	0	4.2	+2	4.3	+3	4.1	+1	4.1	+1	4.2	+2	3.31
	彦路	4.3	+2	4.4	+3	4.5	+4	4.3	+2	4.4	+3	4.5	+4	4.1
	姫神	4.2	-3	4.3	-2	4.5	0	4.4	-1	4.3	-2	4.4	-1	4.5
	大戸	3.29	-2	3.31	0	4.1	+1	3.31	0	3.30	-1	3.30	-1	3.31
	洲阪	3.30	-1	3.31	0	3.31	0	3.30	-1	3.30	-1	3.30	-1	3.31
	本歌	3.30	-5	3.31	-4	4.1	-3	3.31	-4	3.30	-5	3.30	-5	4.4
	岬	3.28	0	3.30	+2	3.31	+3	3.30	+2	3.30	+2	3.30	+2	3.28
	潮奈	3.29	-2	4.1	+1	4.2	+2	4.1	+1	3.31	0	3.31	0	3.31
中国	西郷	4.3	-3	4.5	-1	4.6	0	4.4	-2	4.3	-3	4.4	-2	4.6
	松江	4.3	0	4.4	1	4.4	+1	4.3	0	4.4	+1	4.4	+1	4.3
	境	4.1	-3	4.3	-1	4.3	-1	4.2	-2	4.2	-2	4.2	-2	4.4
	子	4.2	-2	4.4	0	4.5	+1	4.4	0	4.3	-1	4.4	0	4.4
	取	4.3	-1	4.5	+1	4.6	+2	4.4	0	4.6	+2	4.6	+2	4.4
	田	3.30	-1	3.31	0	4.1	+1	3.31	0	3.30	-1	3.30	-1	3.31
	山	4.2	-3	4.4	-1	4.4	-1	4.4	-1	4.5	0	4.5	0	4.5
	島	3.31	+2	4.1	+3	4.1	+3	3.31	+2	3.29	0	3.29	0	3.29
	関	3.31	-1	4.2	+1	4.1	0	3.31	-1	3.30	-2	3.30	-2	4.1
	下	3.30	-2	3.31	-1	3.30	-2	3.30	-2	3.29	-3	3.29	-3	4.1
四国	松山	3.28	-2	3.30	0	3.29	-1	3.29	-1	3.28	-2	3.28	-2	3.30
	高和	3.30	-1	4.1	+1	3.31	0	3.30	-1	3.30	-1	3.30	-1	3.31
	宇知	3.28	+1	3.30	+3	3.30	+3	3.30	+3	3.29	+2	3.29	+2	3.27
	高島	3.25	-3	3.27	-1	3.26	-2	3.27	-1	3.26	-2	3.26	-2	3.28
	徳島	3.30	+1	3.31	+2	3.31	+2	3.30	+1	3.29	0	3.29	0	3.29
九州	巖	3.30	-1	3.31	0	3.30	-1	3.29	-2	3.29	-2	3.29	-2	3.31
	福	3.28	+1	3.29	+2	3.29	+2	3.29	+2	3.29	+2	3.29	+2	3.27
	佐賀	3.28	-3	3.30	-1	3.30	-1	3.30	-1	3.29	-2	3.29	-2	3.31
	大分	3.29	+2	3.30	+3	3.30	+3	3.30	+3	3.30	+3	3.30	+3	3.27
	長崎	3.28	-3	3.30	-1	3.29	-2	3.29	-2	3.29	-2	3.29	-2	3.31
	熊本	3.27	-3	3.29	-1	3.28	-2	3.29	-1	3.28	-2	3.28	-2	3.30
	鹿	3.27	-4	3.29	-5	3.30	-1	3.30	-1	3.29	-2	3.29	-2	3.31
	児	3.28	-3	3.31	0	3.30	-1	3.31	0	3.30	-1	3.30	-1	3.31
	宮崎	3.27	-3	3.30	0	3.29	-1	3.30	0	3.30	0	3.30	0	3.30
	種子	3.26	-5	3.28	-3	3.30	-1	3.30	-1	3.30	-1	3.30	-1	3.31
島	3.29	-3	3.31	-1	4.1	0	4.1	0	3.31	-1	4.1	0	4.1	

注) 表中の「誤差」は予想開花日と実際の開花日との差である。

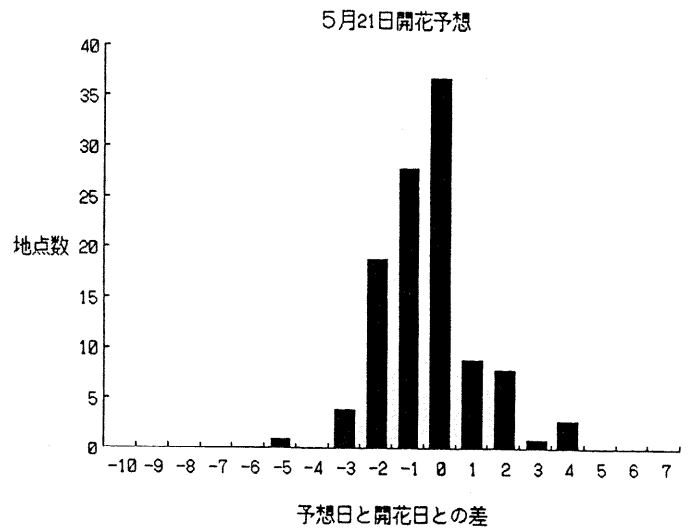
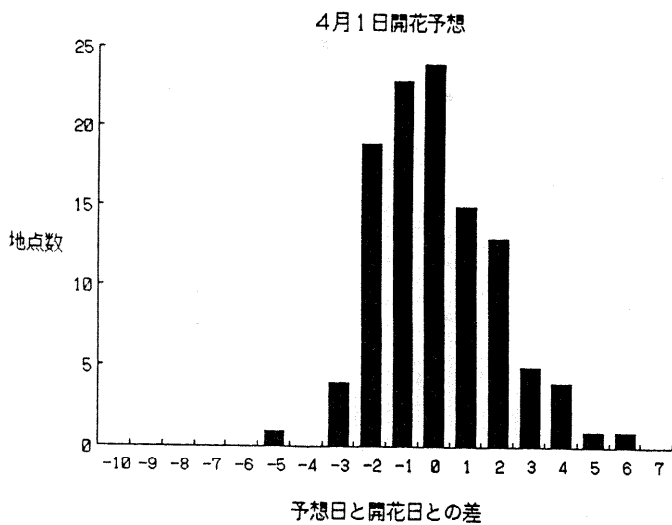
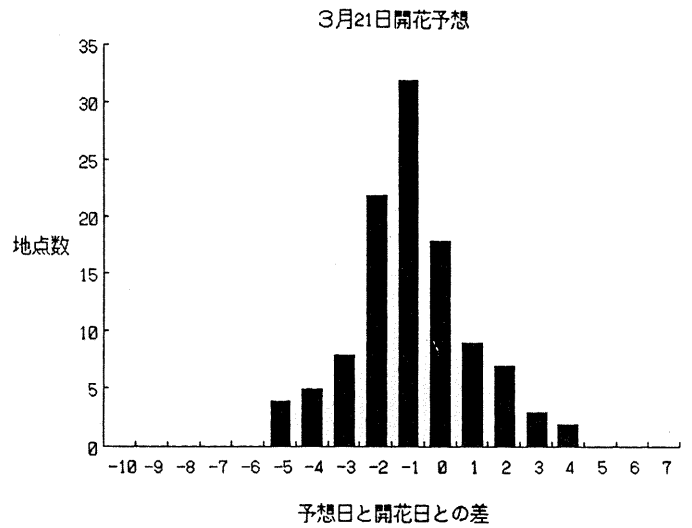
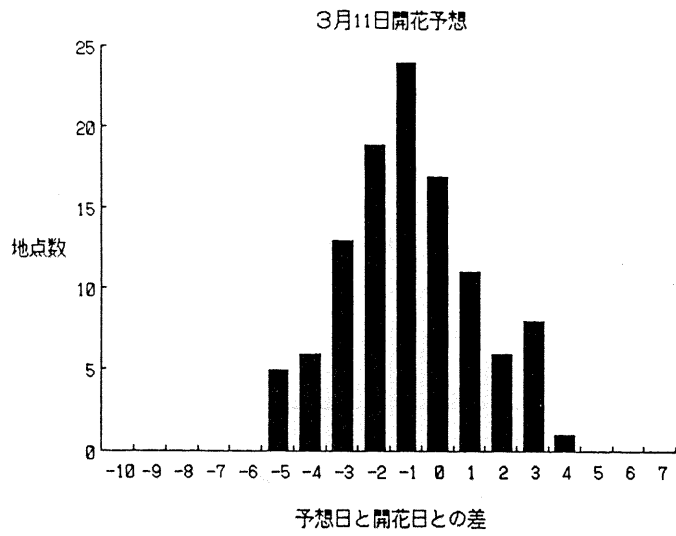
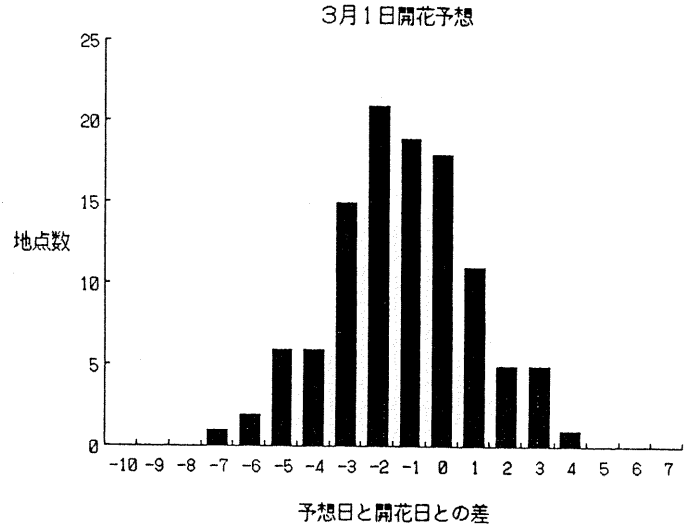
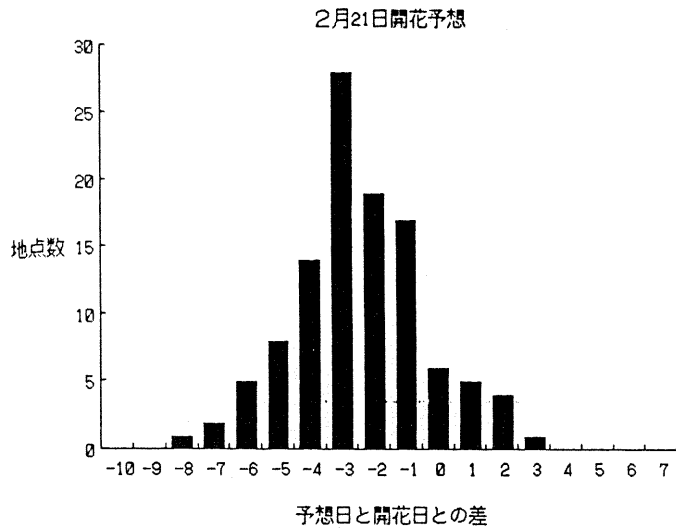


図6 全国110地点の1995年の各予想作業日における予想開花日の誤差（予想開花日－実際の開花日）の頻度分布  
横軸：予想開花日の誤差

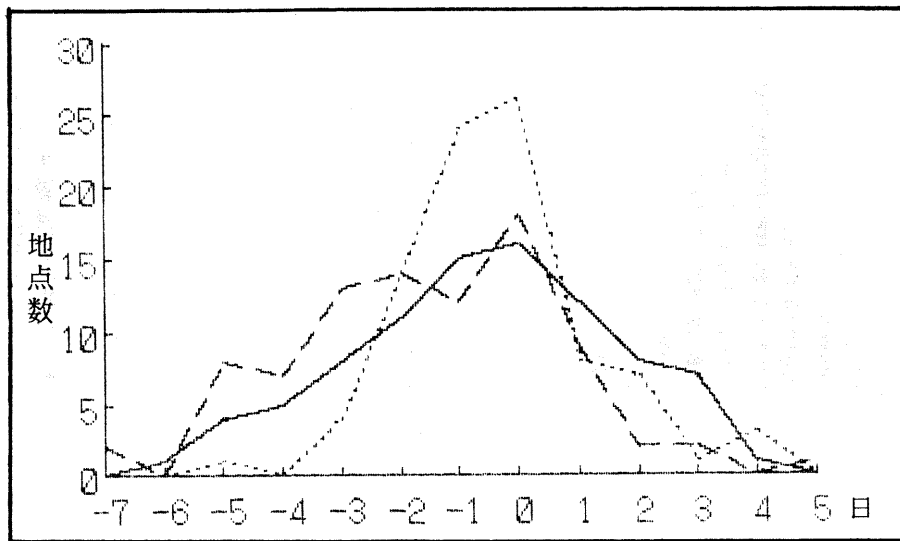


図7 1995年3月17日発表のサクラの開花予想の検証  
 新しい開花予想による予想開花日と従来の方式による予想開花日、  
 それぞれの誤差（予想開花日－実際の開花日）の頻度分布

実線：新しい開花予想による誤差（予想作業日以降は気温予報を用いた場合）  
 破線：従来の方式による誤差（1995年3月17日発表）  
 点線：新しい開花予想による誤差（予想作業日以降も気温実況値を用いた場合）

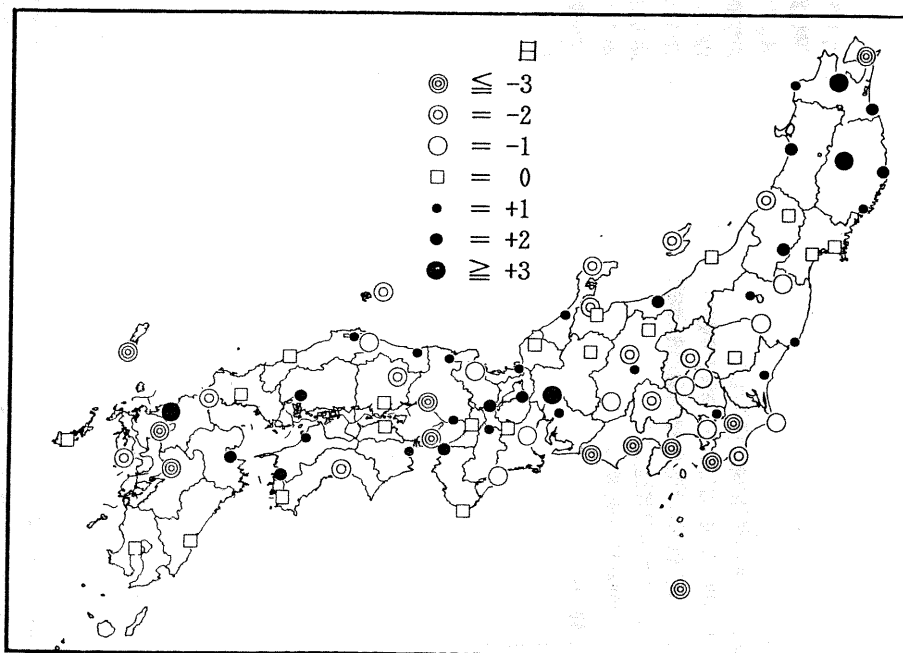


図8 1995年3月17日発表のサクラの開花予想の検証  
 新しい開花予想での予想開花日の評価  
 （新しい開花予想による誤差（予想開花日－実際の開花日）の  
 絶対値から従来の方式による誤差の絶対値を引いたもの）

## 5. 1996年の開花予想作業とその結果

この章では、1996年に実施した開花予想の手順を解説する。

### 5-1. 使用データ

予想は全国107地点で、使用データは1961～1995年の開花日と日平均気温、1961～1996年の特別気温および予想作業日における最新の週間予報と長期予報の気温予報である。

1996年3月8日には1か月予報が、毎週金曜日（それまでは10日、20日、月末の3回）発表、確率の付加などの変更があった。これに伴い、3月8日以降の開花予想の計算には、週単位の気温予報を用いることとした。

### 5-2. 基礎データの作成

- ①通日1日（1月1日）～平均開花日15日前までのそれぞれの日を起算日（ $D_s$ ）の候補と考え、この $D_s$ からあるj年の開花日（ $BD_j$ ）までについて毎日の温度変換日数を積算し、1961～1995年の35年平均の積算値（ $DT S_{35}$ ）を次式で求める。 $DT S_{35}$ は1地点につき $D_s$ の候補の数だけ算出される。

$$DT S_{35} = \left( \sum_{j=1}^{35} \left( \sum_{i=D_s}^{BD_j} \exp(9.5 * 10^3 (T_i - T_s) / T_i * T_s) \right) \right) / 35$$

- ②各年の各起算日から毎日の温度変換日数を積算し、 $DT S_{35}$ に最も近い日を予想開花日とする。予想開花日は1地点1年につき $D_s$ の候補の数だけ算出される。
- ③各起算日から計算した予想開花日と実際の開花日とのRMSEを求め、その中でRMSEを最小とする日を温度変換日数積算の起算日（ $D_s$ ）とし、その時の $DT S_{35}$ を開花に必要な仮の温度変換日数とする。
- ④ $D_s$ から1962～1995年の各年ごとに開花日まで毎日の温度変換日数を積算し、毎年の $DT S$ を求める。
- ⑤1961/1962～1994/1995年の各年9月1日から特別気温に相当する表1のチルユニットを毎時積算し、この積算値が最小となった日をその年のチルユニット積算の開始日とする。
- ⑥チルユニット積算の終算日（ $D_f$ ）の候補を12月21日から $D_s$ （ $D_s$ が2月20日以降の場合は2月20日）までとし、⑤で求めたチルユニット積算の開始日から各終算日までチルユニットを毎時積算し、④で求めた毎年の $DT S$ と最も相関が高い日を $D_f$ とする。なお、1961～1990年は1日8回観測のデータであるため、このデータを内挿して毎時の気温データを作成する。
- ⑦⑥で求めた相関のt検定の結果が危険率1%で有意である地点について1次回帰式（ $DT S = AX + B$ ：Xはチルユニットの積算値）を作成する。なお、姫路と境については資料数が少ないため危険率1%で有意とはならないが、負の相関が高いため1次回帰式を作成した。回帰式を作成した地点は宮古から種子島までの72地点であった。例として、熊本における1962～1995年の開花日までの温度変換日数とチルユニットの積算値の散布図を図9に示す。この図から、開花に必要な温度変換日数は、チルユニットの積算値が大きい年は少なくても済み、チルユニットの積算値が小さい年は多く必要であることが判る。



⑧⑦で求めた回帰式と③で求めた $D_s$ を用いて、1962～1995年の各年の予想開花日を計算し、実際の開花日とのRMSEを求め、このRMSEが③で求めたRMSEより小さくなった地点については補正したDTSを使用することとする。

⑨1961～1995年の35年間の日平均気温を用いて、階級別の日の温度変換日数を求める。

表4は①～⑧で求めた温度変換日数の起算日と開花に必要な温度変換日数である。

1996年の開花予想においてチルユニットの積算値で温度変換日数を補正した地点は、全国107地点中酒田から種子島までの71地点（66%）であった。この結果、RMSEが2日以内の地点が補正前は58地点（54%）であったが、補正後は79地点（74%）に増加した。

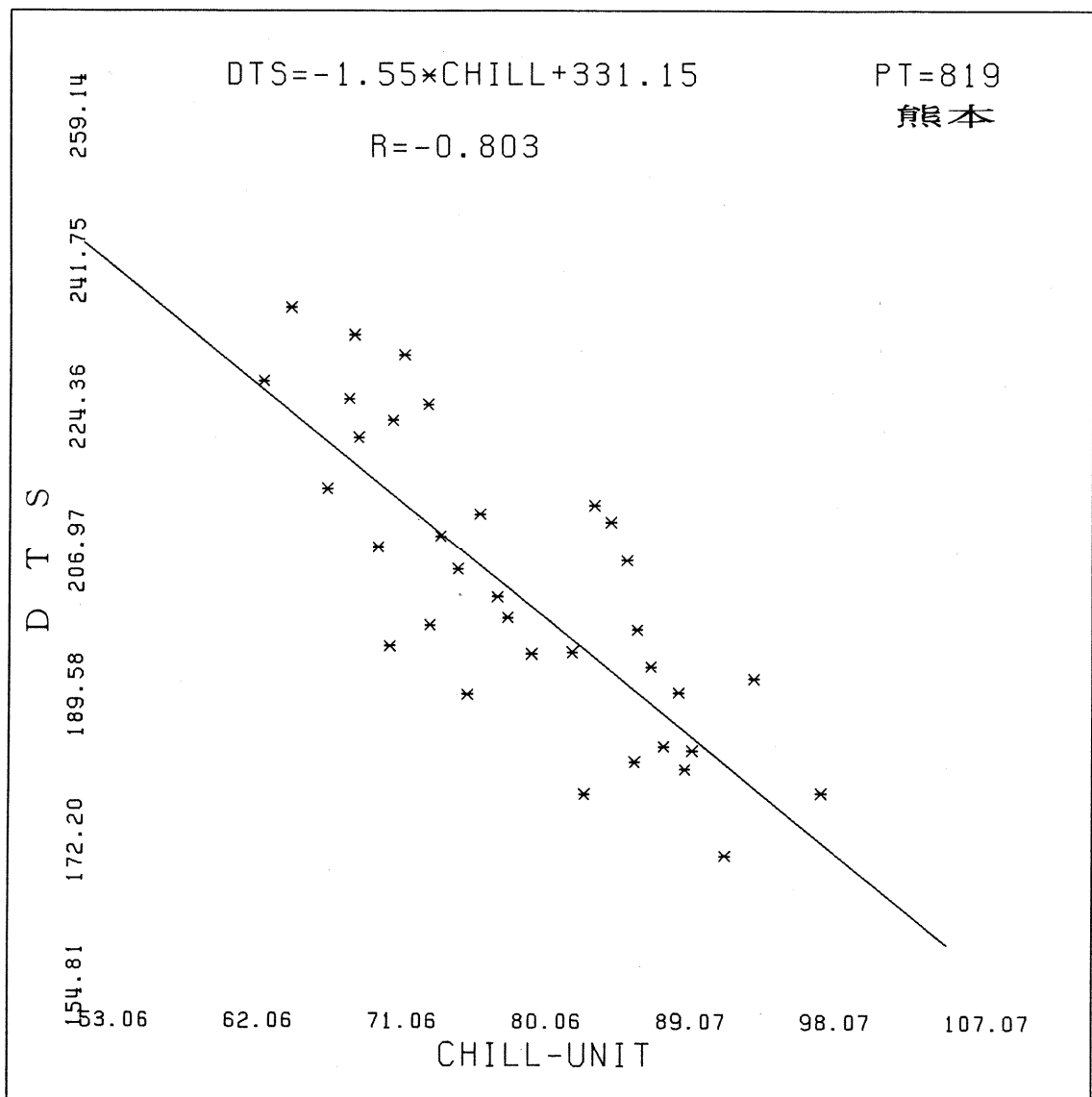


図9 熊本における温度変換日数とチルユニットの積算値の分布  
縦軸：温度変換日数（0.1日）  
横軸：チルユニットの積算値（10時間）

表4 1996年の開花予想に使用した起算日と温度変換日数

地域	地点	起算日 (月日)	温度 変換 日数 (日)	R M S E (日)	資料 数 (個)	補正 の有 無	地域	地点	起算日 (月日)	温度 変換 日数 (日)	R M S E (日)	資料 数 (個)	補正 の有 無	
北海道	稚内 留網 旭走 網走 札見 帯路 釧根 室蘭 浦江 函館 紋別 倶知 安別 紋別	2.12	22.0	2.20	28		関東 甲信	大島 三宅 八丈 千島 葉	2.19	19.7	2.08	33	※	
		1.7	25.7	2.65	34	※								
		1.10	22.0	1.87	35	※								
		3.8	18.6	1.39	33	※								
	東海	高岐 名古屋 上津 浜静 尾網	2.15	21.5	1.85	35		東海	山 阜屋 野 松岡 鷺代	1.20	20.4	1.80	35	
			2.2	20.8	1.29	15								
			2.2	20.5	1.29	35	※							
			2.9	21.1	1.86	24	※							
			3.14	18.3	1.77	34	※							
			1.15	25.5	2.12	35	※							
			2.28	19.9	1.40	35	※							
			1.19	26.9	1.63	34	※							
			1.5	26.4	1.71	35	※							
			3.13	17.9	1.46	34	※							
			2.19	20.1	1.49	35	※							
			3.1	18.4	1.60	35	※							
東北	大船 新庄 若松 深青 むつ 八戸 秋盛 宮古 酒田 山形 石巻 福島 白河 小名 浜	1.20	23.8	1.30	32		近畿	豊岡 舞鶴 京都 彦根 神戶 大洲 和歌 山岬 奈良	2.18	17.8	1.43	35		
		1.26	20.3	1.63	35									
		1.25	21.1	1.41	35									
		2.1	24.3	2.03	29									
		1.26	22.9	1.66	35									
		2.4	21.8	1.13	35									
		1.17	24.8	1.32	35									
		1.20	24.0	1.28	35									
		1.15	23.2	1.35	35									
		1.21	23.9	1.63	35									
		2.9	20.8	1.18	35	※								
		2.2	20.1	1.32	35	※								
		2.2	20.9	1.35	35	※								
		1.21	23.8	1.25	35	※								
		2.7	19.9	1.54	35	※								
		1.28	21.5	1.30	35	※								
2.13	20.1	1.47	33	※										
北陸	輪島 相模 新金 伏富 高福 敦	2.4	21.5	1.32	35	※	中国	西郷 松江 境 子取 田山 島山 関口	2.10	20.7	2.10	35		
		2.2	24.0	1.35	35	※								
		1.31	22.8	1.11	35	※								
		2.5	21.0	1.63	35	※								
		2.9	21.2	1.71	35	※								
		2.8	20.5	1.67	35	※								
		2.8	19.0	1.15	35	※								
		2.4	21.8	1.38	35	※								
		2.10	21.2	1.75	35	※								
		2.17	16.7	1.77	29	※								
関東	長野 宇都 都 松本 前橋 谷戸 熊谷 水戸 飯沼 甲府 子京 東横 館山 浦	1.20	22.4	1.06	35		四国	松山 高松 宇和 高知 徳島 宿毛	2.12	19.7	1.68	35	※	
		2.7	19.6	1.39	35	※								
		1.18	22.2	1.67	35	※								
		2.7	19.2	1.48	35	※								
		2.5	20.4	1.61	35	※								
		2.7	20.9	1.66	35	※								
		1.31	20.6	1.69	35	※								
		2.9	18.9	1.11	35	※								
		2.14	21.5	2.03	35	※								
		2.15	19.5	2.31	35	※								
甲信	長野 宇都 都 松本 前橋 谷戸 熊谷 水戸 飯沼 甲府 子京 東横 館山 浦	2.3	22.6	1.45	35	※	九州	原 岡賀 田分 崎本 島崎 島江	2.14	19.9	2.28	35	※	
		2.15	21.5	2.05	27	※								
		2.19	19.9	2.27	35	※								
		2.14	19.9	2.28	35	※								
		2.13	21.3	2.47	35	※								
		2.14	18.7	1.77	35	※								
		2.5	19.3	2.16	35	※								
		2.11	19.6	1.80	35	※								
		2.12	21.0	1.54	35	※								
		2.14	18.9	1.67	35	※								
3.3	15.8	2.04	35	※										
3.2	14.3	2.03	25	※										
2.15	35.0	3.54	31	※										
2.17	21.2	1.99	33	※										

(注) ①RMSEは過去の日平均気温を用いて予想開花日を求めた場合のものである。

②※印は温度変換日数をチルユニットの積算値で補正した地点である。

### 5-3. 予想開花日の計算

図10-1～図10-2は1995年10月から1996年5月にかけての主な地点の日平均気温の経過図である。この図から、1995年11月～12月と1996年4月～5月は低温に経過したことが判る。前年の秋から冬にかけて低温に経過したため、チルユニットの積算値は例年より大きくなり、温度変換日数を補正した地点では開花に必要な温度変換日数が例年（累年平均値）より少なくなった。

3月19日に発表した東京他8地点の温度変換日数の積算図を図11-1～図11-9に、4月25日に発表した札幌の温度変換日数の積算図を図11-10に示す。

図11-3の東京を例に説明する。温度変換日数の起算日は2月15日、チルユニットの積算値で補正した温度変換日数は19.5日である。すなわち、2月15日から毎日の温度変換日数を積算し、19.5日に最も近くなった日が予想開花日である。予想開花日の計算は3月18日に行ったので、2月15日から3月17日は日平均気温の実況値、3月18日から3月25日は週間予報の日平均気温資料、3月26日以降は長期予報の気温予報資料を用いた。

「+」の線は上記資料を用いて計算した温度変換日数の積算値、実線は平年の温度変換日数の積算値である。また、長期予報の気温予報で計算する期間が「高い」と仮定した場合は「W」、「低い」と仮定した場合は「C」で表してあり、実況値のみで計算した場合は「+」と「W」と「C」が重なっている。この図から、3月上旬までは低温のため平年より花芽の生長が遅れていたが、3月中旬の高温によって生長が平年並に回復し、予想開花日は平年と同じ3月29日になったことが判る。

# 平均気温

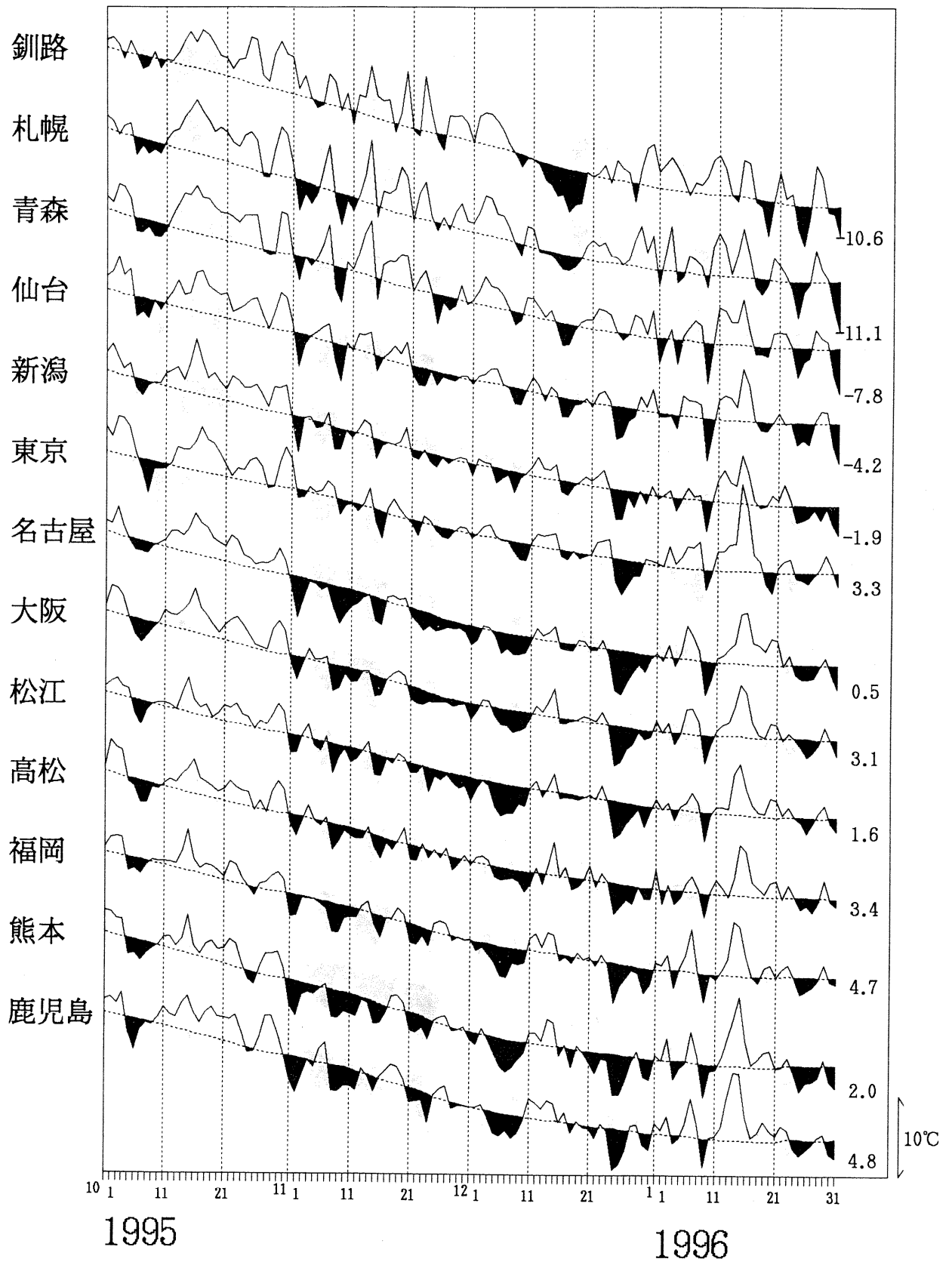


図10-1 日平均気温の経過 (1995年10月~1996年1月)

# 平均気温

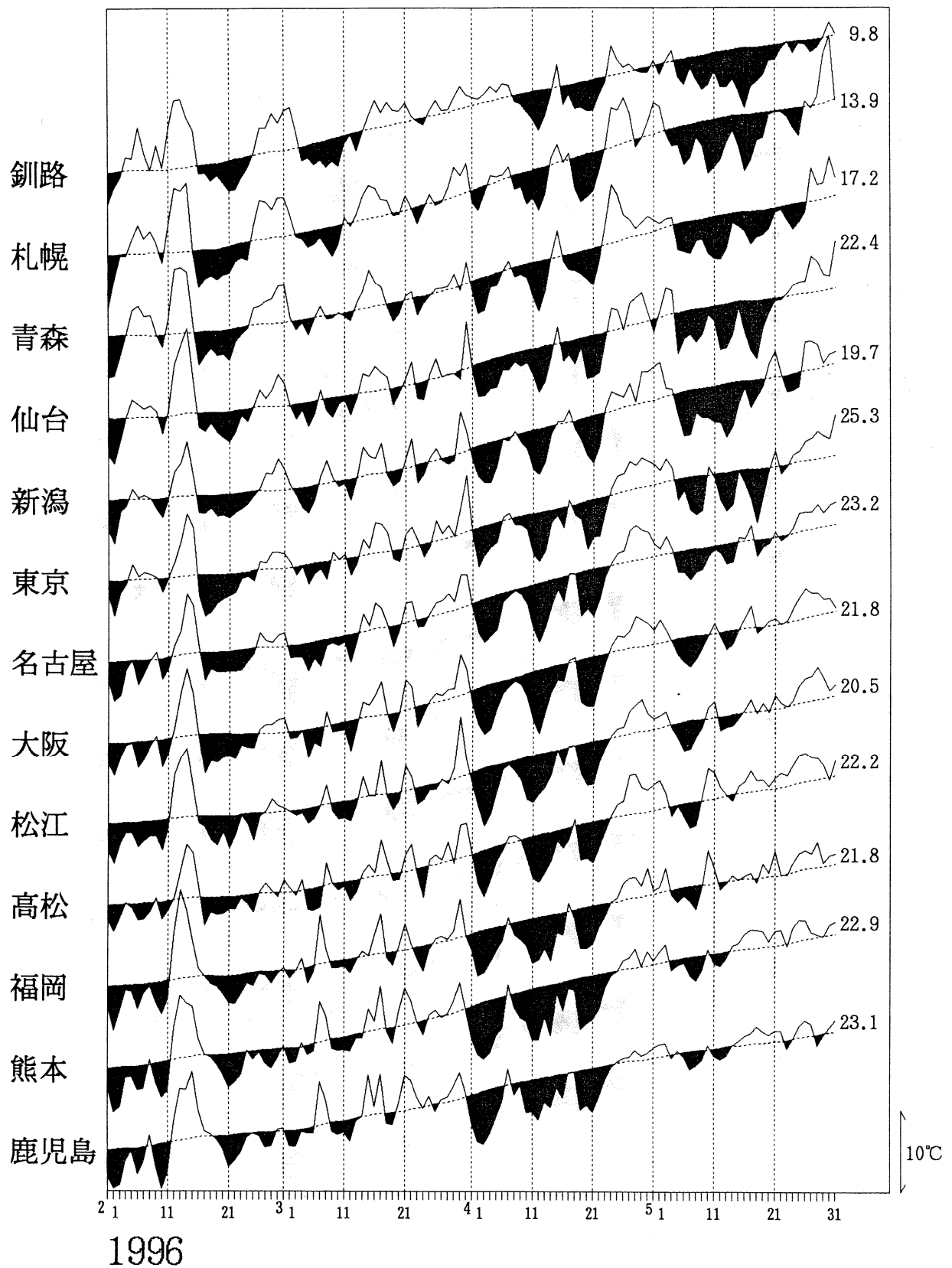


図10-2 日平均気温の経過 (1996年2月~5月)

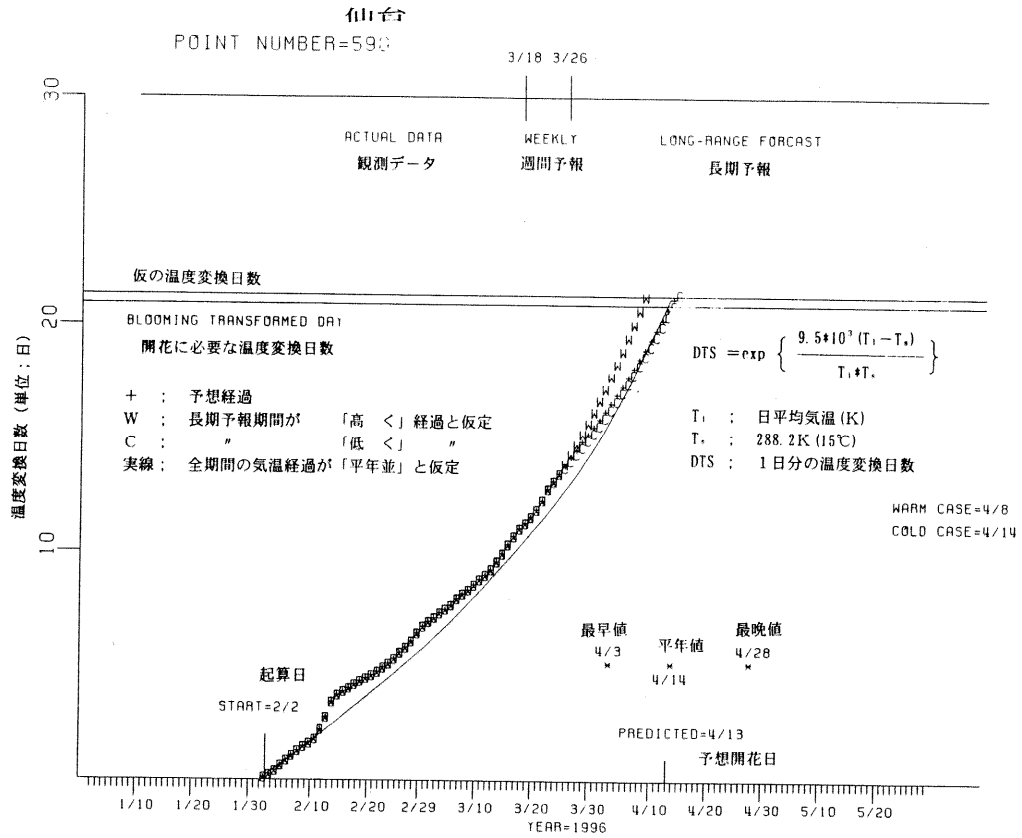


図11-1 仙台の温度変換日数の積算図 (1996年3月18日に予想)

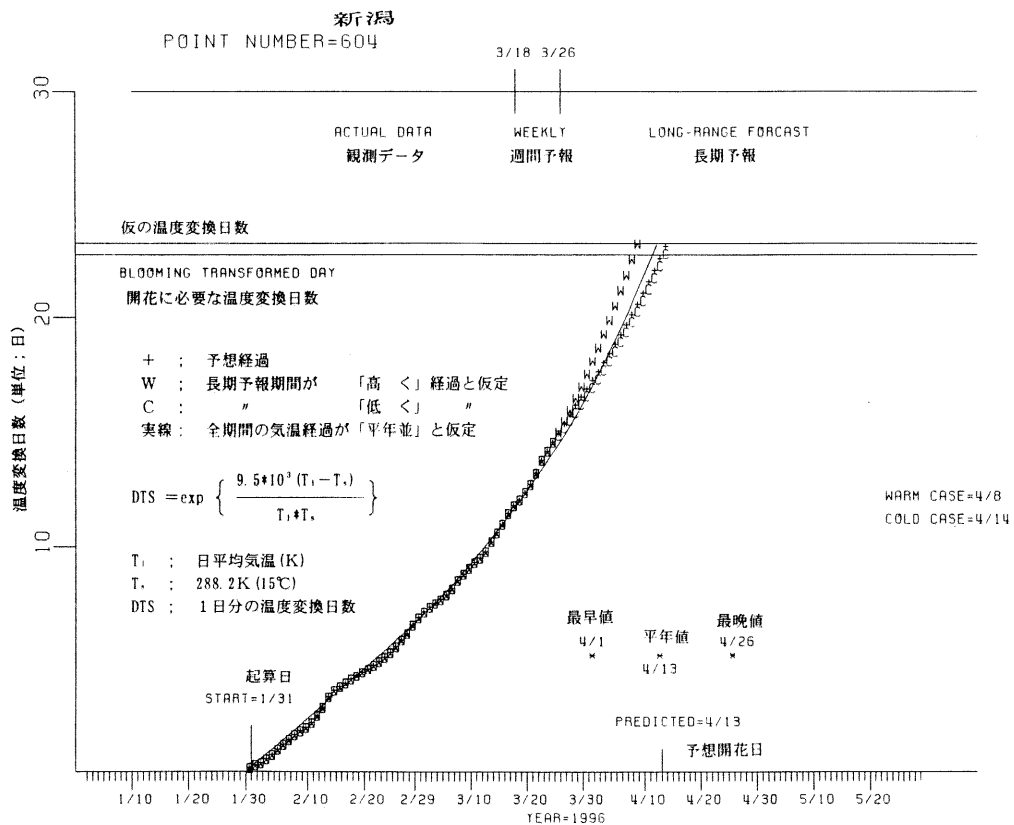


図11-2 新潟の温度変換日数の積算図 (1996年3月18日に予想)

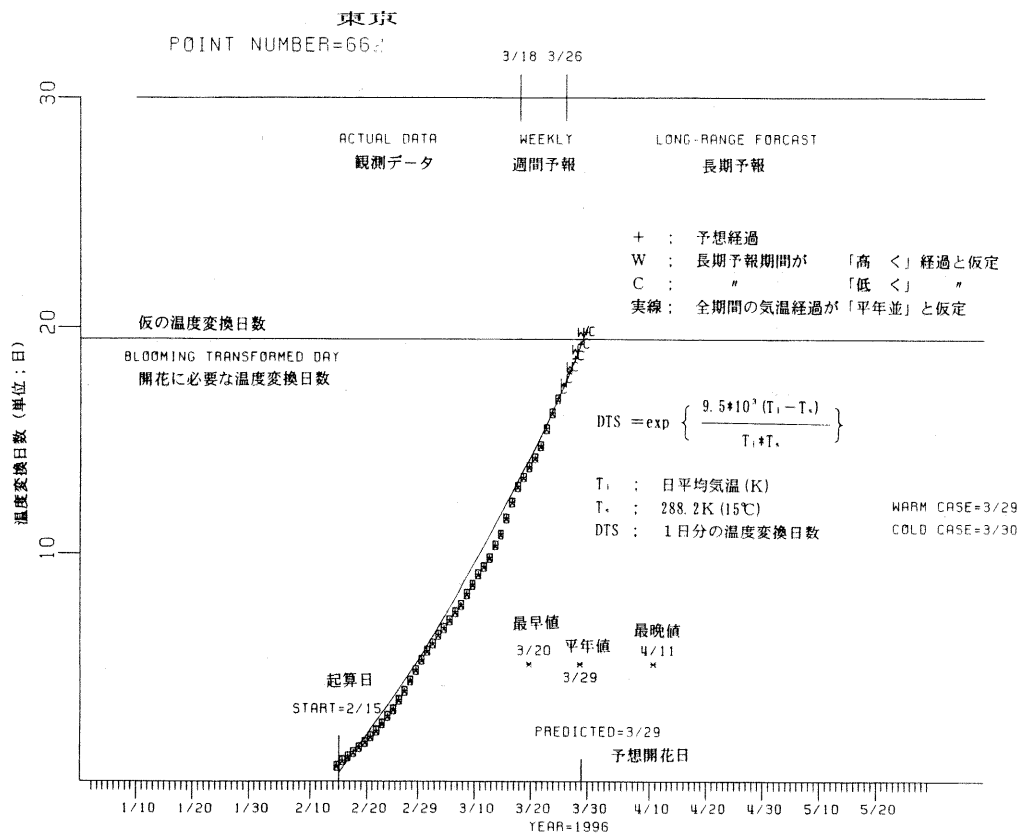


図11-3 東京の温度変換日数の積算図 (1996年3月18日に予想)

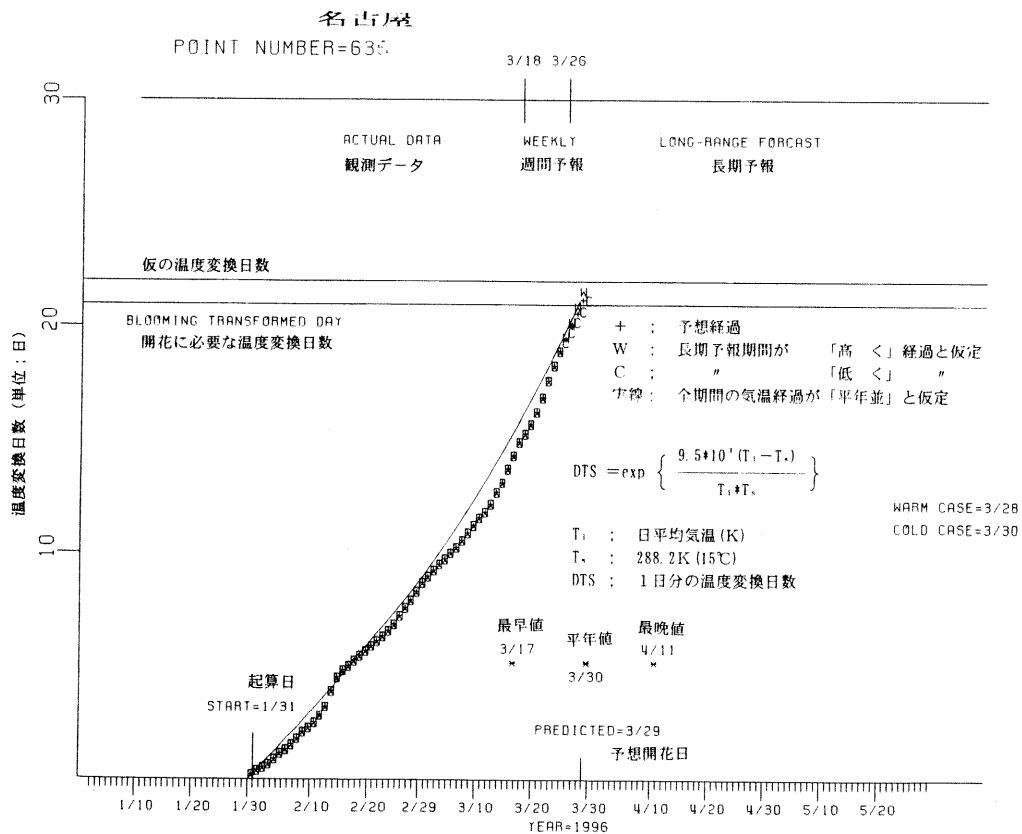


図11-4 名古屋の温度変換日数の積算図 (1996年3月18日に予想)

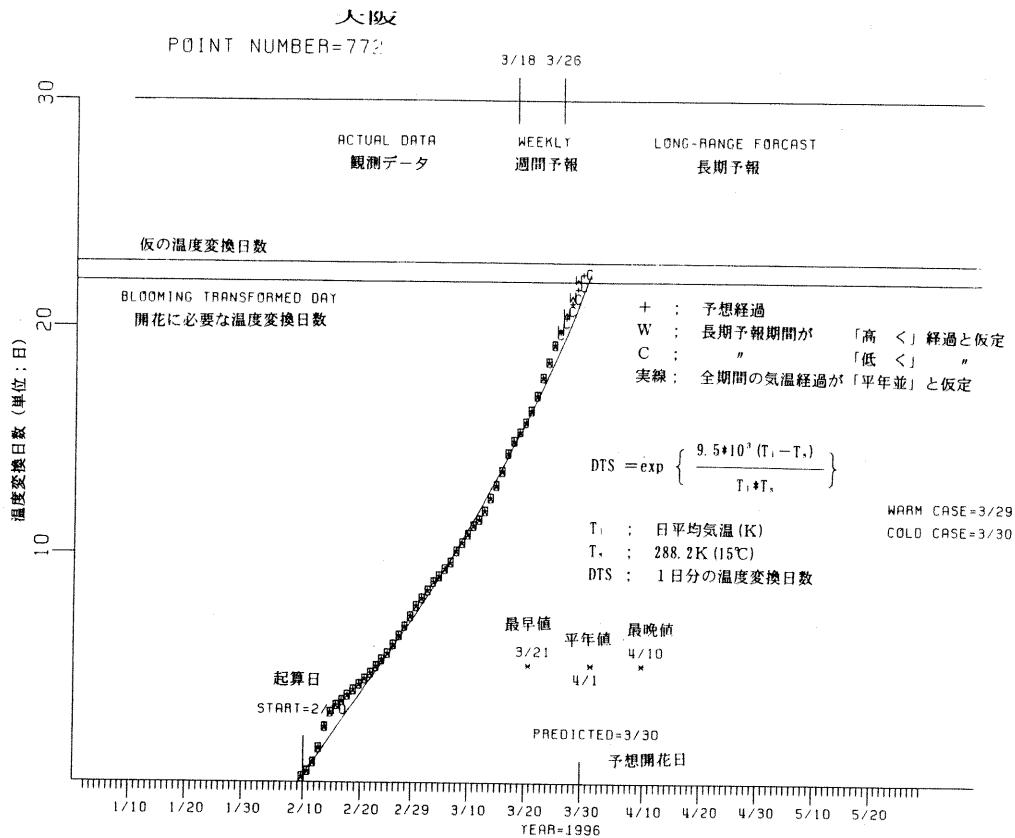


図11-5 大阪の温度変換日数の積算図 (1996年3月18日に予想)

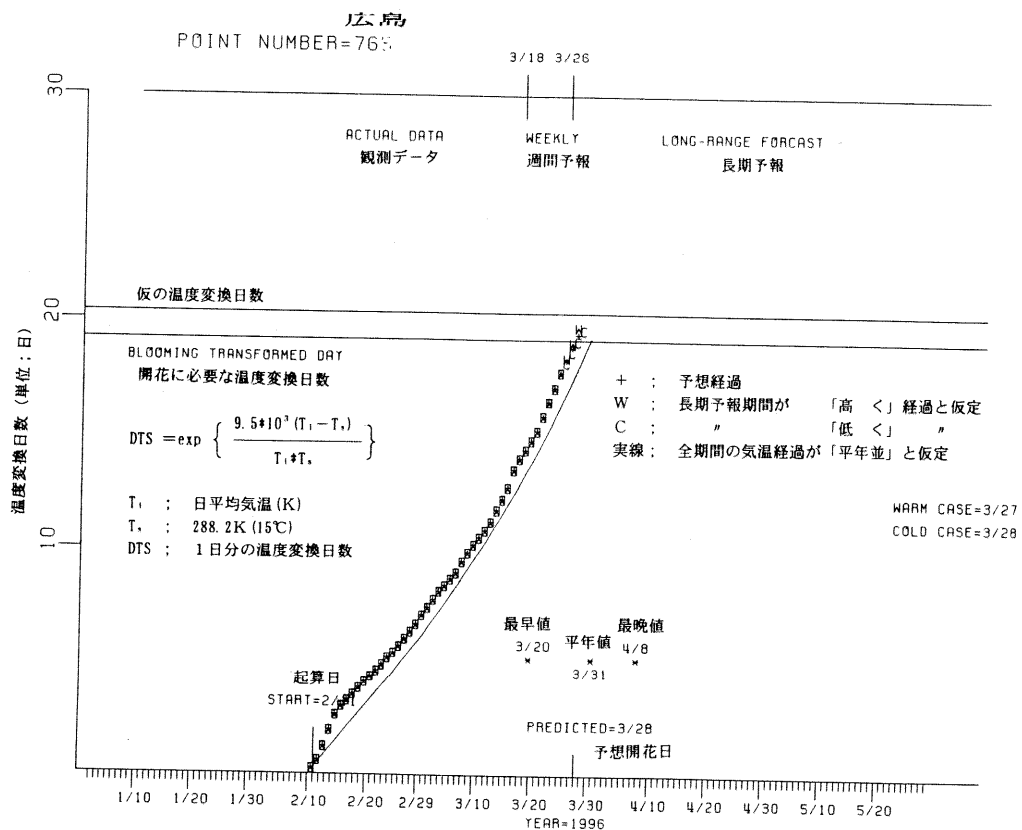


図11-6 広島の温度変換日数の積算図 (1996年3月18日に予想)



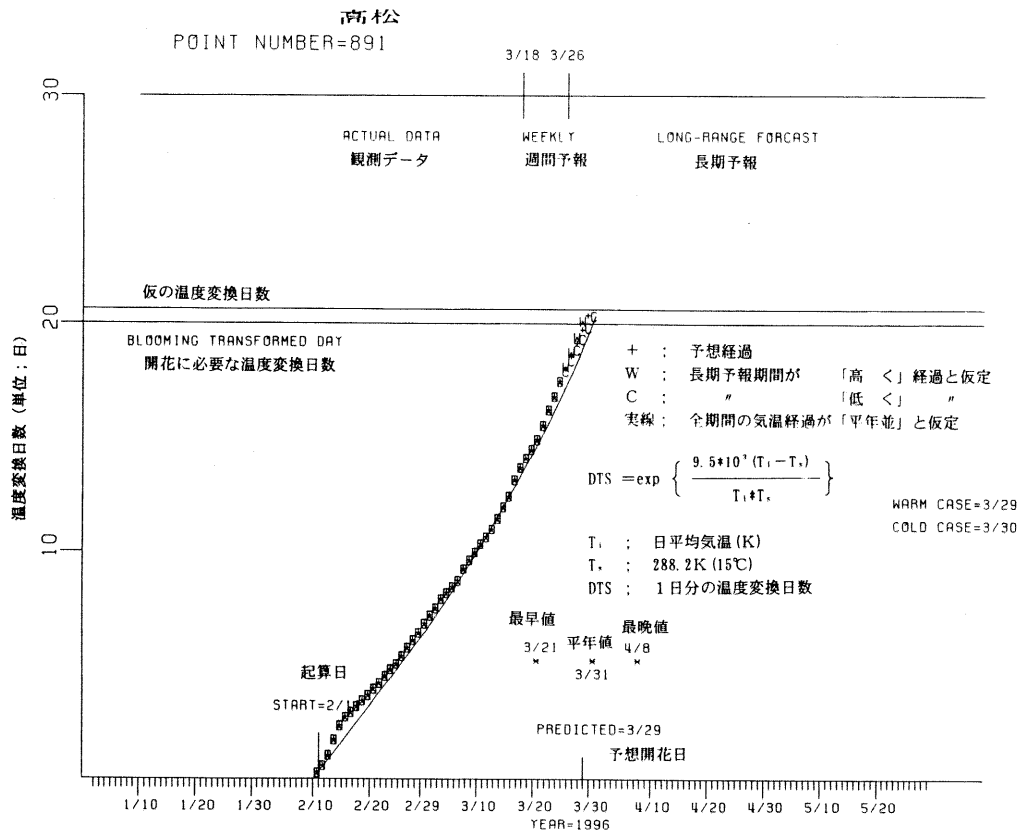


図11-7 高松の温度変換日数の積算図 (1996年3月18日に予想)

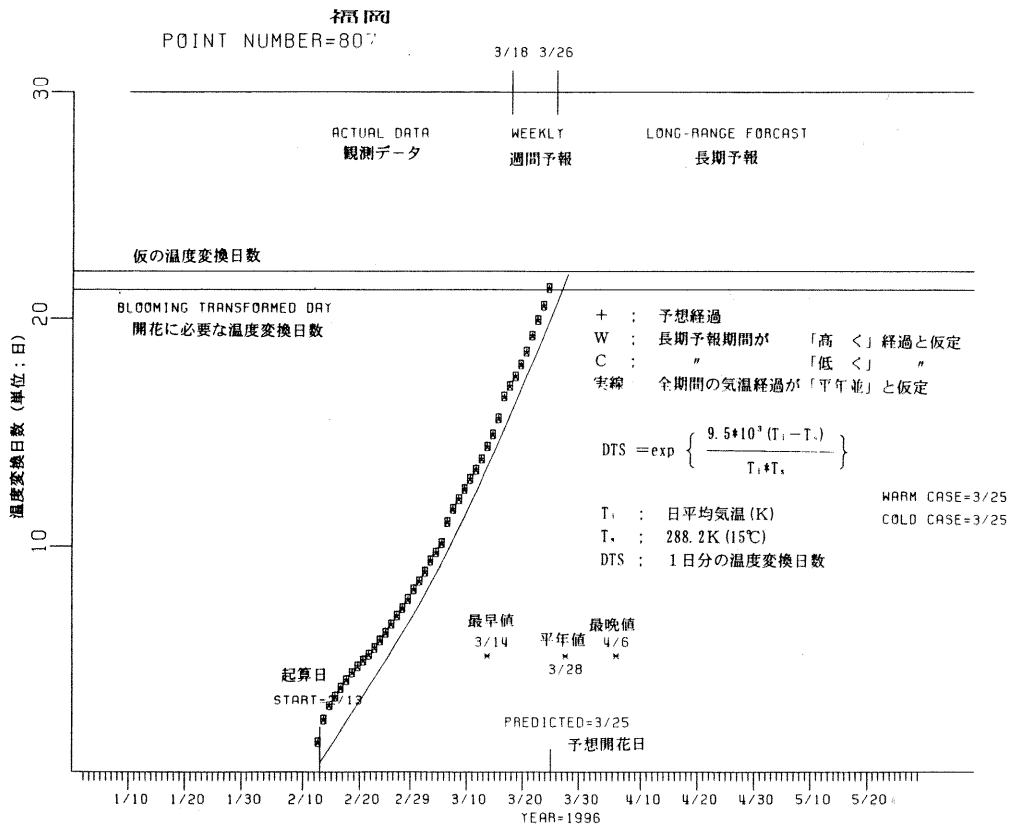


図11-8 福岡の温度変換日数の積算図 (1996年3月18日に予想)

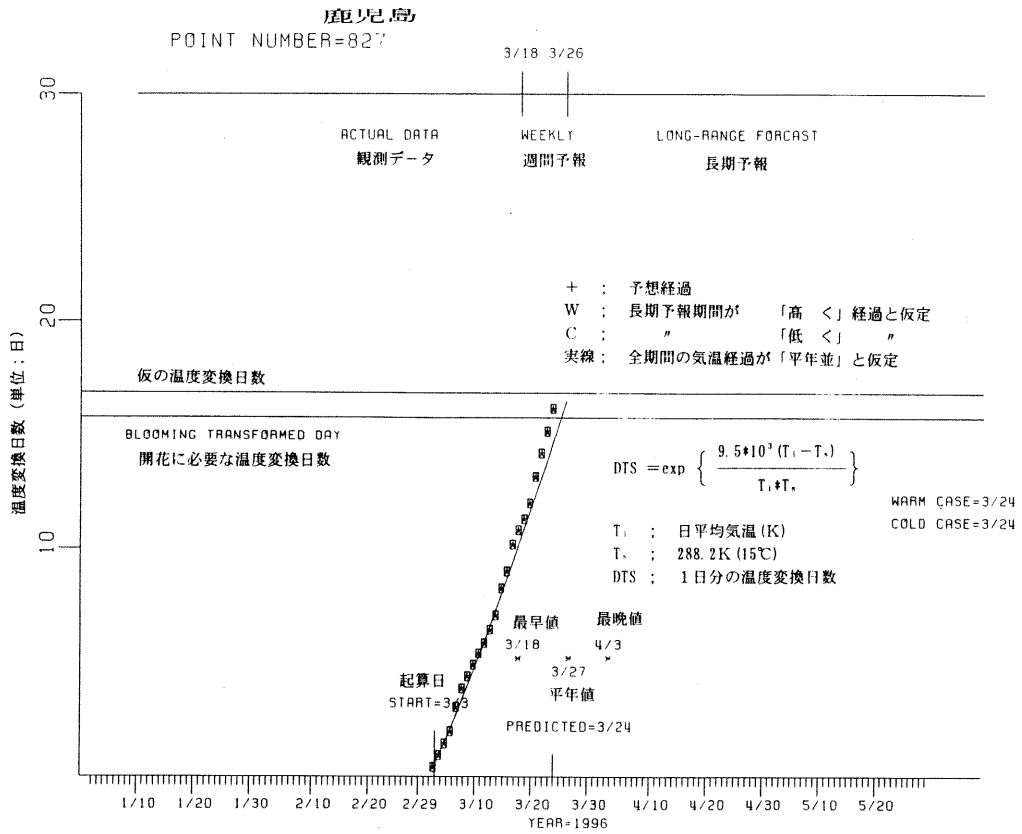


図11-9 鹿児島 の温度変換日数の積算図 (1996年3月18日に予想)

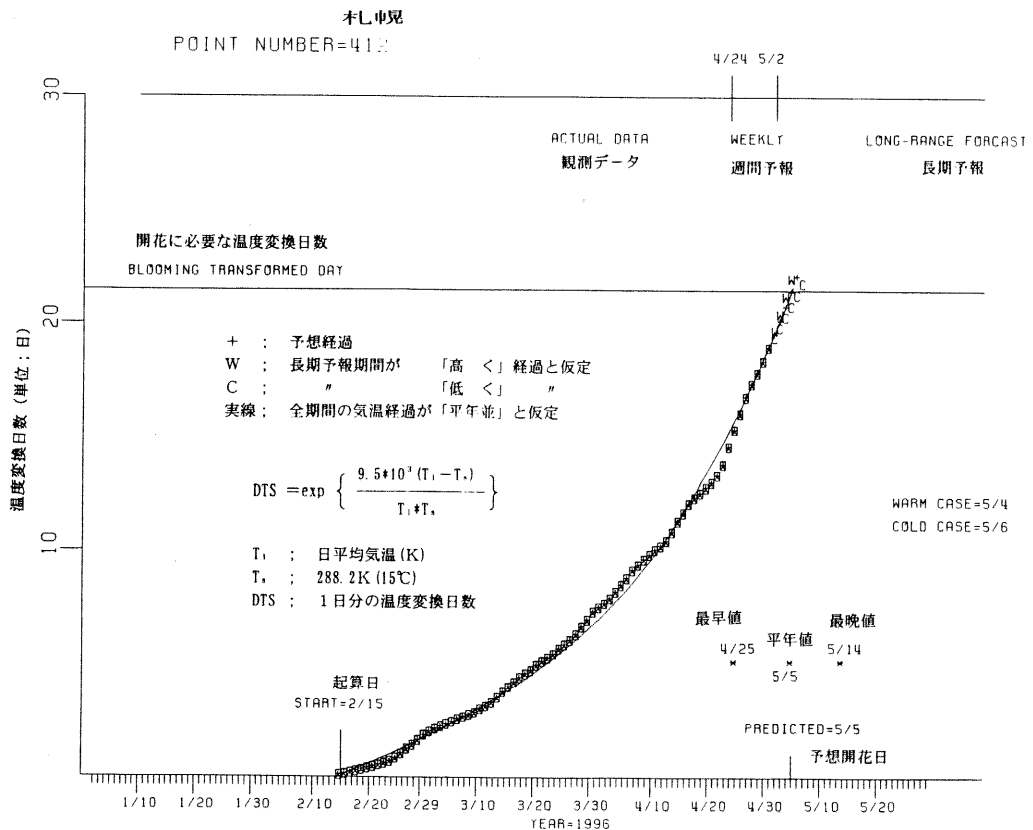


図11-10 札幌 の温度変換日数の積算図 (1996年4月24日に予想)

## 用語解説

[注1] チルユニット (Chill-unit) とは、休眠打破に有効な低温の効果を見積もるために気温の程度に応じてつけた数値のことで、気温に適合するチルユニットを1時間ごとに積算することで植物の休眠打破の程度を知ることができる (表1)。

[注2] 温度変換日数 (D T S ; number of Days Transformed to a Standard temperature) とは、ある温度における1日分の花芽の生長が、標準温度に換算して何日分に相当するかを示す量である

[注3] アレニウス (Arrhenius) の法則とは、化学反応が生じている場の温度が高いほど、反応速度が大きくなるという関係で次の式で表す。

$$K = A \exp(-E_a / R \times T)$$

Kは反応速度、Aは定数、E<sub>a</sub>は活性化エネルギー、Rは気体定数、Tは絶対温度

[注4] 温度変換日数 (t<sub>s</sub>) を求める式は、

$$t_s = \exp [E_a (T_i - T_s) / R * T_i * T_s] ; \text{解説資料第20号12ページ参照}$$

E<sub>a</sub>=19kcalmol<sup>-1</sup>, R=1.987caldeg<sup>-1</sup>mol<sup>-1</sup>を代入して整理すると [1] 式となる。

[注5] 小元・青野からの「1990年までの研究では標準温度を25℃としたが、ソメイヨシノの開花期の気温は10℃前後であるので、標準温度は15℃が妥当であると思う。」という助言によった。

## 参考文献

- 気象庁, 1988; 生物季節観測30年報, 気象庁技術報告第110号
- 小元敬男・青野靖之, 1989; 速度論的手法によるソメイヨシノの開花日の推定, 農業気象, 45, 25-31
- 青野靖之・小元敬男, 1990; チルユニットを用いた温度変換日数によるソメイヨシノの開花日の推定, 農業気象, 45, 243-249
- 気象庁観測部, 1983; そめいよしの開花予想資料, 解説資料第10号
- 金野隆光・杉原 進, 1986; 土壌生物活性への温度影響の指標化と土壌有機物分解への応用, 農環研報, 1, 51-68
- 気象庁観測部, 1993; 生物季節に関する解説資料 (II), 解説資料第20号
- Richardson, E. A., Seeley, S. D. and Walker, D. R., 1974; A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees. Hortsci, 9, 331-332.
- 花岡喜重・茂木孝夫・森昭, 1980; 標高差による花木の生態的研究II ヒガンザクラ, モモ, ウメについて, 群馬園試報告, 8, 1-18