

## 香川における生物季節の経年変化

高木佐和<sup>1)</sup>・森 征洋<sup>2)</sup>

Long-term Variation of Phenology in Kagawa

Sawa TAKAGI and Yukihiro MORI

### Abstract

Long-term variation of phenology over the last 50 years in Kagawa Prefecture has been investigated. The first date of flowering of *Someiyoshino* (*Prunus yedoensis* Matsum) has shown a significant advance of 6 days over 50 years, and the average first date of flowering has shifted from 31 March in the 1950s to 27 March in the 1990s. The first date of yellow coloring of the leaves of *Ginkgo biloba* L. has shown a delay of 12 days over 50 years, and the average first date has shifted from 20 November in the 1950s to 30 November in the 1990s. These trends in phenology have been especially significant since the 1980s. These results coincide with a trend toward local warming and indicate that spring tends to come earlier and winter tends to come later than in the past.

---

1) 満濃町立満濃南小学校

2) 香川大学教育学部地学教室

## 1. はじめに

近年、地球温暖化問題など人間活動が地球環境に影響を与えていることが明らかになってきた。IPCC (2002) の報告書によれば地球上の平均気温はこの100年で0.6度程度上昇してきており、最近50年間に観測された温暖化のほとんどは人間活動によるものであると指摘されている。日本においても、年平均気温は1.06℃/100年の長期的上昇傾向がある(気象庁, 2005)。この気象庁による調査は都市化の影響の少ない地点を選んで行われているが、都市化の影響の大きなところでは、この変化はさらに大きい。香川では、平均気温は100年あたりに換算して0.9℃増加している(山地ほか, 1999)。

このような気候の温暖化は季節の進行に影響を与える。季節の進行に伴って、花が咲き、鳥がさえずりをはじめ。このような動植物の状態が季節により変化する現象を生物季節といい、地上気象観測の一つの項目として気象官署で長年観測が行われている。動植物の状態は気象や気候に密接に関係するので、温暖化の影響は生物季節にも現れていることが報告されている。例えば、岡山では、ソメイヨシノの開花日やイチヨウとイロハカエデの黄(紅)葉日・落葉日について顕著な経年変化が報告されている(原田・塚本, 2003)。ここでは、同じ瀬戸内式気候区に属する香川における生物季節の経年変化について統計的特徴や長期的変化傾向と、これとの関連で高松における気温の経年変化について調べた。

## 2. 生物季節の経年変化

日本における生物季節観測の歴史は古く、1880年(明治13年)には組織的に行われるようになったと推定されている(気象庁, 1988)。しかしながら対象とする動植物の種類などは地域ごとに選定されるなど、統一されたものではなかった。1953年に生物季節観測指針が制定され、観測官署の自主性に任されていた観測種目と観測方法が全国的に統一された。この年以降の観測データが「生物季節観測値(1953年~2002年)」に収録され、CD-ROMで利用できるようになった。

気象庁が行っている生物季節観測は、対象となる生物により植物季節観測と動物季節観測に分けられ、全国102の気象官署で、職員が官署の構内または付近で観測を行っている。生物季節観測の対象は、すべての気象官署が観測しなければならない規定種目と、おのおのの気象官署がその必要に応じて観測する選択種目とに大別される(気象庁, 1964)。

高松地方気象台では表1に示すように植物季節観測22種目(うち2種目中止)、動物季節観測20種目(うち3種目中止)の44種目の観測が行われてきた。まず、全体的な傾向を調べるために、1953年から2002年までの50年間について、全観測種目の時系列データに最小二乗法を適用して、回帰直線を求め、長期的トレンドを調べた。10年あたりに換算した変化傾向を表1に示した。

植物季節観測のうち、冬から春への移行に関係するウメ開花(1・2月)、タンポポ開花(2・3月)、スミレ開花(3月)、シバ発芽(3・4月)、ソメイヨシノ開花(3・4月)、ソメイヨシノ満開(4月)の6種目について見るとシバ発芽、スミレ開花を除くとすべて早くなる傾向にある。また、50年間のデータでは開花が遅くなる傾向を示したスミレ開花も、最近の1980年から2002年までの約20年間で考えると、10年あたりの変化日数は-2.9日と早くなる傾向にある。一方、秋から冬への季節の移行に関係するイチヨウ黄葉(11月)、イチヨウ落葉(12月)、イロ

香川における生物季節の経年変化

表1 高松地方気象台における生物季節観測種目と経年変化傾向

植物季節の観測種目と経年変化傾向					
観測期間が50年以下の項目は括弧で示した。最小二乗法による近似直線から得た10年あたりの変化日数（-は早くなる，+は遅くなる）とデータのばらつきを表す標準偏差を示す。					
対 象	10年当り変化日数	標準偏差	対 象	10年当り変化日数	標準偏差
ウメ開花	-2.3日	12.8日	(サルスベリ開花)	(-4.6日)	( 9.2日)
(ツバキ開花)	( 35日)	(26.3日)	シバ発芽	2.1日	8.9日
タンポポ開花	-3.8日	23.5日	スイセン開花	-2.6日	18.7日
ソメイヨシノ開花	-1.2日	4.4日	スマレ開花	2.6日	9.4日
ソメイヨシノ満開	-1.0日	4.1日	(ソメイヨシノ落葉)	(-8.5日)	(12.5日)
(ヤマツツジ開花)	(-15.5日)	( 7.1日)	(ススキ開花)	(-9.7日)	(19.4日)
ヤマハギ開花	-0.8日	9.0日	イチョウ発芽	-0.5日	4.0日
(ノダフジ開花)	(-16.8日)	( 6.1日)	イチョウ黄葉	2.5日	7.4日
(アジサイ真花開花)	( -5.1日)	( 5.1日)	イチョウ落葉	1.8日	5.4日
(アジサイ装飾花開花)	( **日)	( **日)	イロハカエデ紅葉	1.1日	6.6日
(コスモス開花)	( 9.1日)	( 6.5日)	イロハカエデ落葉	-0.6日	4.7日
コスモス開花とソメイヨシノ落葉については観測が中止されている。					
動物季節観測種目					
対 象	10年当り変化日数	標準偏差	対 象	10年当り変化日数	標準偏差
ヒバリ初鳴	-1.4日	13.4日	アキアカネ初見	-6.5日	22.2日
ツバメ初見	-3.6日	9.2日	エンマコオロギ初鳴	0.1日	6.9日
モンシロチョウ初見	3.5日	9.9日	キリギリス初鳴	2.0日	10.7日
キアゲハ初見	1.7日	10.2日	(クマゼミ初鳴)	(-4.1日)	( 4.3日)
トノサマガエル初見	13.1日	21.2日	(シマヘビ)	( 9.6日)	(11.1日)
シオカラトンボ初見	-0.7日	12.4日	トカゲ初見	10.8日	23.9日
(ホタル)	( 9.5日)	( 9.9日)	ニイニイゼミ初鳴	0.4日	5.8日
アブラゼミ初鳴	-0.7日	8.5日	ニホンアマガエル初見	4.6日	13.0日
モズ初鳴	0.9日	11.0日	(ニホンアマガエル初鳴)	( 1.9日)	(15.4日)
アオダイショウ	3.6日	14.8日	ハルゼミ初鳴	3.0日	7.5日
ホタル初見，クマゼミ初鳴，シマヘビ初見は観測が中止されている。					

ハカエデ紅葉（11月），イロハカエデ落葉（12月）などの現象は遅くなる傾向にある。

動物季節の全20種目について，初見日または初鳴日は，50年間のデータがある種目についてみると，ヒバリ初鳴，ツバメ初見，シオカラトンボ初見，アブラゼミ初鳴，アキアカネ初見は早くなる傾向にある。一方，モンシロチョウ初見，キアゲハ初見，トノサマガエル初見，モズ初鳴，アオダイショウ初見，エンマコオロギ初鳴，キリギリス初鳴，トカゲ初見，ニイニイゼミ初鳴，ニホンアマガエル初見，ハルゼミ初鳴は遅くなる傾向にある。しかし，動物季節については，標

準偏差が大きく、また、高松地方気象台の場所が急激な都市化で、動物の発見が困難になってきている種目もあると考えられるので不確実性が大きい。

そこで生物季節観測のうち、植物季節について、冬から春への移行に関するウメ開花、ソメイヨシノ開花・満開と秋から冬への移行に関するイチョウ黄葉・落葉とイロハカエデ紅葉・落葉についてさらに詳しく調べてみた。

## 2.1 ソメイヨシノの開花日と満開日の経年変化

ソメイヨシノの開花日と満開日の経年変化を図1に示す。開花日と満開日はほぼ平行して変化しており、両者ともこの50年間に早くなる傾向を示す。とくに、1980年代以降その傾向が顕著である。サクラの開花日はそれに先立つ期間の気温の推移と密接な関係があり、多くの研究が行われ、開花の予測式も作られている（気象庁、1988；青野・小元、1989, 1990a, 1990b, 1990c）。ただし、サクラの開花は春先の気温だけで決まるのではないことが指摘されている。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）。芽は春先の気温の上昇とともに生長するが、この生長量は気温差が高ければ大きく、春先の気温が高い年には早く開花すると言われている（平野、1996）。

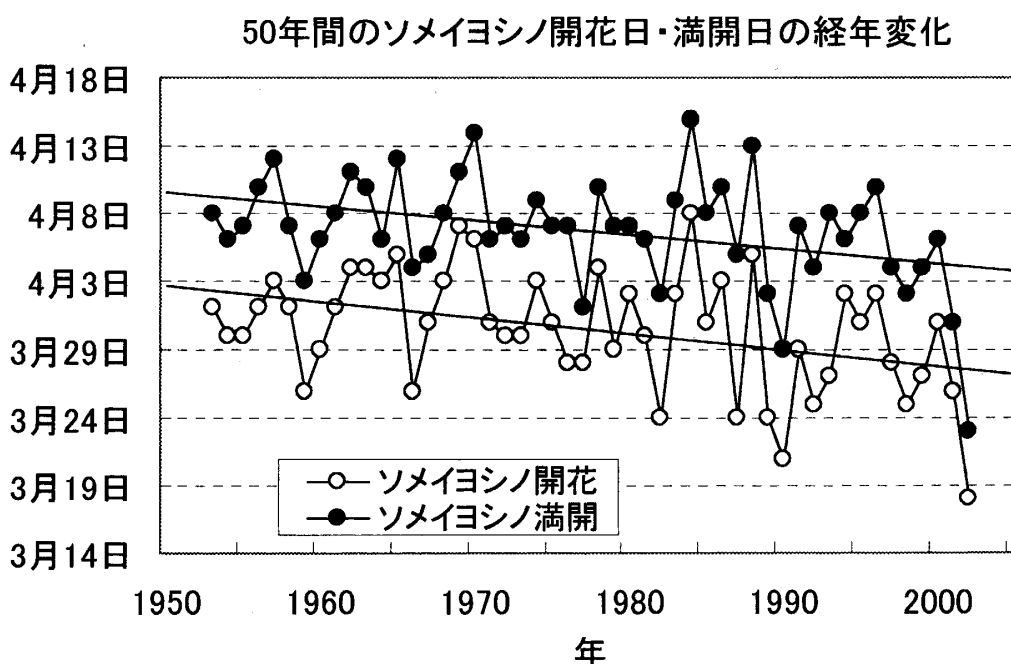


図1 ソメイヨシノの開花日と満開日の経年変化

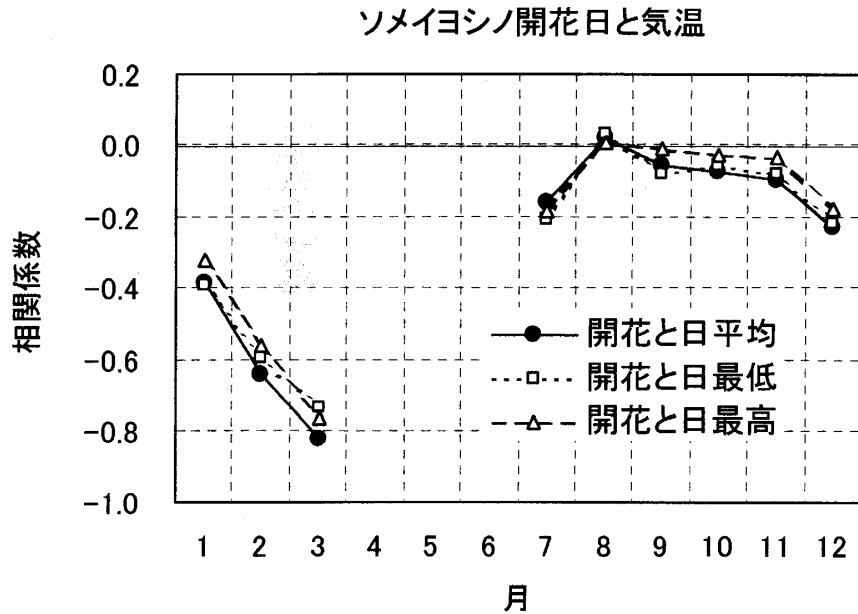


図2 ソメイヨシノの開花日と気温の関係

ここでは開花日・満開日に先立つ月の気温との関係を見てみる。日平均気温・日最高気温・日最低気温の月平均値と開花日との相関関係を図2に示す。ソメイヨシノの開花日は2月・3月の気温の推移に関係がすることがこれまでの研究で明らかにされており、実際、この結果も3月の日平均気温の平均と高い負の相関関係がある。すなわち、3月の日平均気温の平均値が大きいほど、開花日は早くなる。

ソメイヨシノの開花日・満開日の経年変化を見ると、50年間のうち、1980年代からの変化が大きいため、変化率を次の期間について求める。

- a. 1953-2002年 (50年間全体)
- b. 1953-1982年 (前30年間)
- c. 1981-2002年 (最近22年間)

最初から30年間の変化率と1980年代以降の変化率を求めたため、bとcでは2年間の重複がある。10年あたりの変化日数をウメ開花、ソメイヨシノ開花、ソメイヨシノ満開について求めた結果を図3に示す。50年全体では10年あたりの変化日数で見ると、ウメ開花日が2.3日、ソメイヨシノ開花日が1.2日、ソメイヨシノ満開日が1.0日早くなっている。この変化日数は最初の30年間ではいずれも小さく1980年代以降大きくなっており、ウメ開花日が2.2日、ソメイヨシノ開花日が2.6日、ソメイヨシノ満開日が3.6日早くなっている。

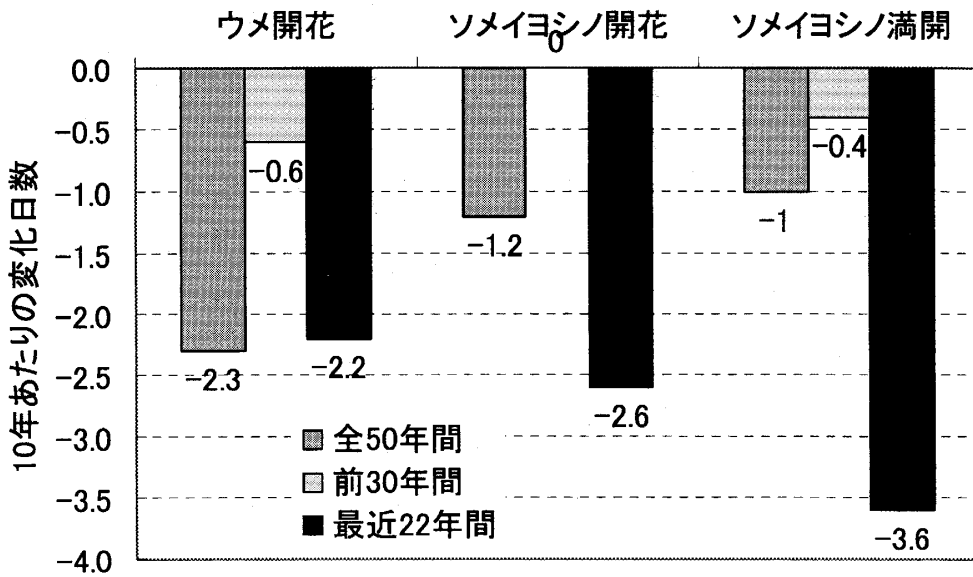


図3 ウメ開花日、ソメイヨシノ開花日・満開日の10年あたりの変化日数

50年間のうち最初の10年間と最近の10年間におけるウメ開花日とソメイヨシノ開花日・満開日の比較を表2に示す。ウメの開花日は1月29日から1月20日と9日早くなっている。ソメイヨシノ開花日は3月31日から3月27日と4日早くなり、満開日は4月7日から4月4日と3日早くなっている。なお、多度津では1930-1942年ころには開花日が4月5日、満開日が4月10日であった（大後・鈴木，1947）。

表2 ウメ開花日、ソメイヨシノ開花日・満開日

期間 (10年)	ウメ	ソメイヨシノ	
	開花日	開花日	満開日
1953-1962	1月29日	3月31日	4月7日
1993-2002	1月20日	3月27日	4月4日
変化日数	-9日	-4日	-3日

香川における生物季節の経年変化

2.2 イチョウ・イロハカエデ

イチョウの黄葉日と落葉日の経年変化を図4に示す。両者ともこの50年間、とくに1980年代以降遅くなる傾向が顕著である。

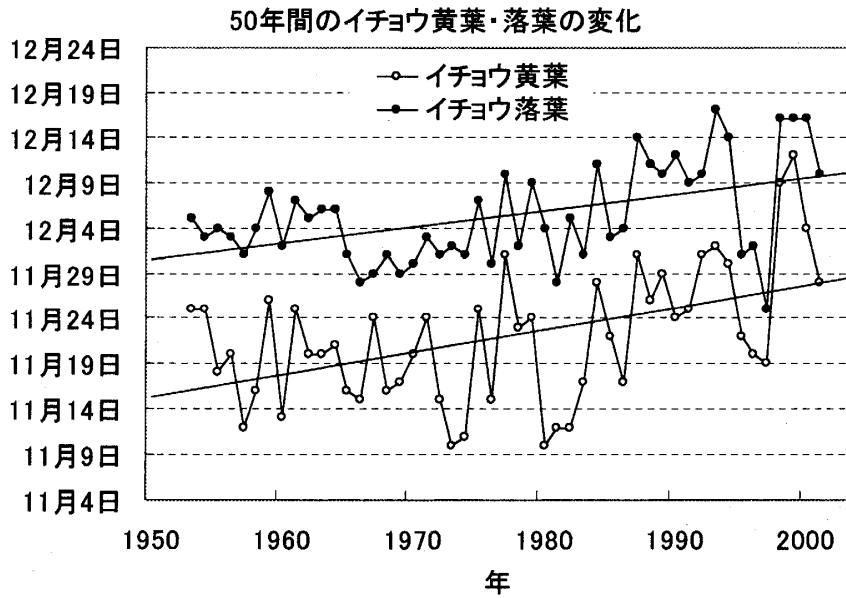


図4 イチョウの黄葉日と落葉日の経年変化

イチョウの黄葉・落葉と気温の相関関係を図5、図6に示す。イチョウの黄葉日は9月・10月の月平均気温と高い正の相関を示す。すなわち、9月、10月の気温が高い年には黄葉日が遅くなる傾向を示す。

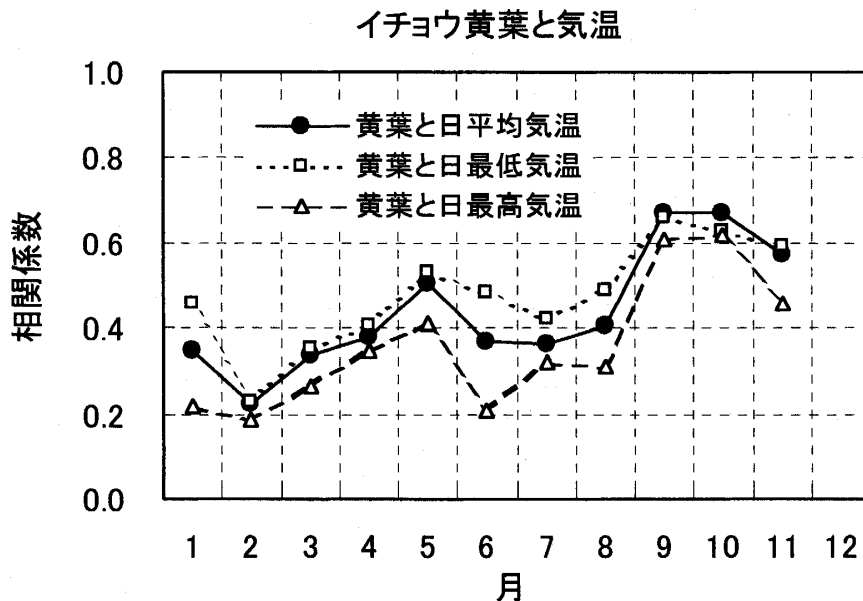


図5 イチョウの黄葉日と気温の相関

イロハカエデの紅葉日と落葉日の経年変化を図7に示す。紅葉日は遅くなる傾向があるのに対して、落葉日は早くなる傾向が見られる。すなわち、紅葉している期間が短くなる傾向を示す。

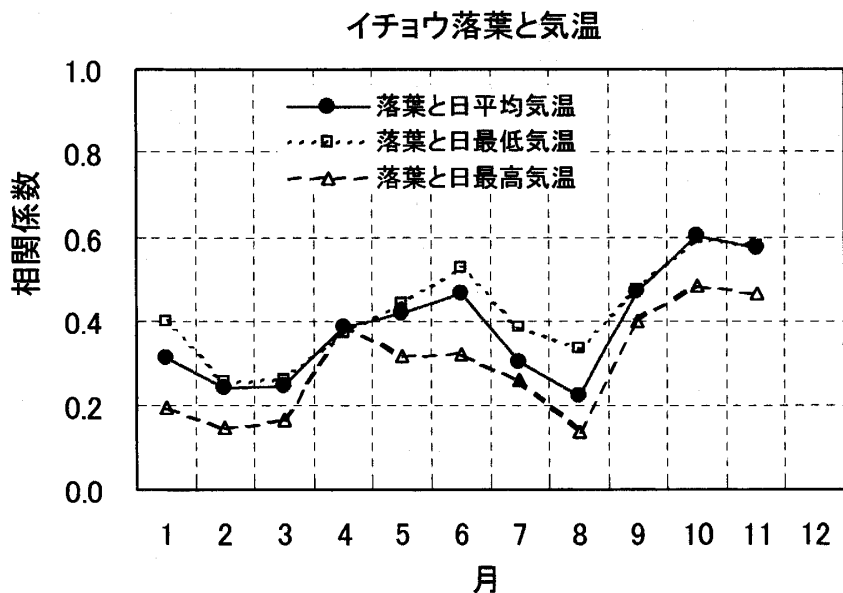


図6 イチョウの落葉日と気温の相関

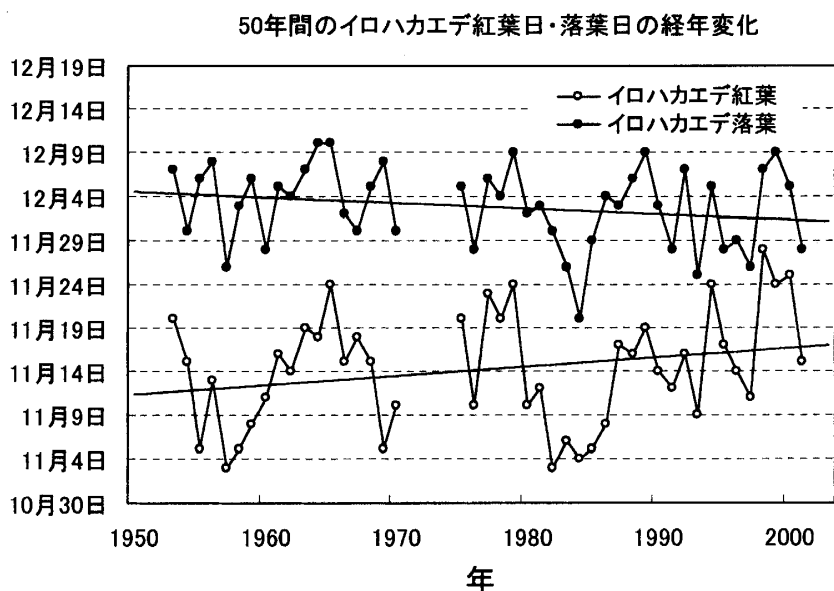


図7 イロハカエデの紅葉日と落葉日の経年変化



香川における生物季節の経年変化

イロハカエデの紅葉日・落葉日と気温の相関関係を図8, 図9に示す。紅葉日については10月の日最高気温の月平均値と正の相関を示すが, その他については相関関係は低い。落葉日については月平均の気温との相関関係は低い。

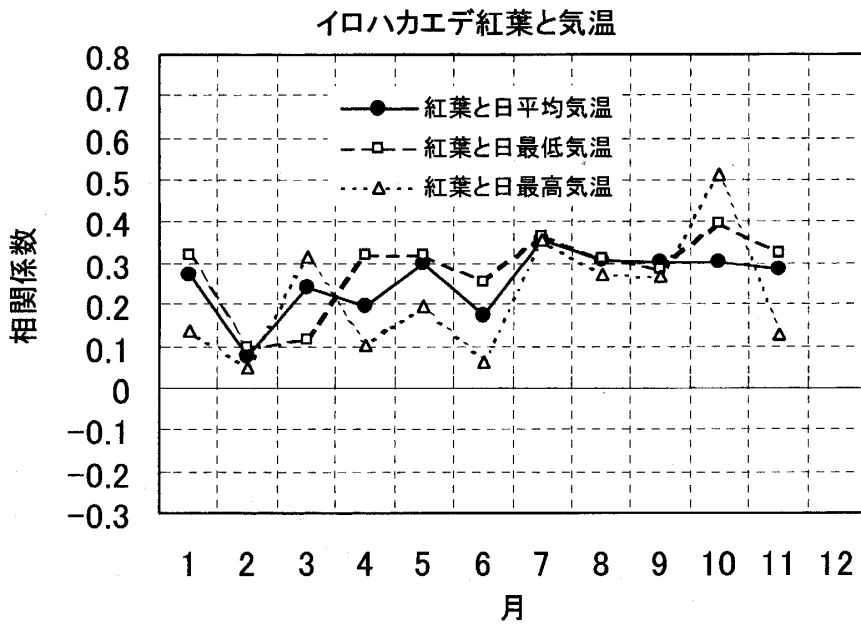


図8 イロハカエデの紅葉と気温の相関

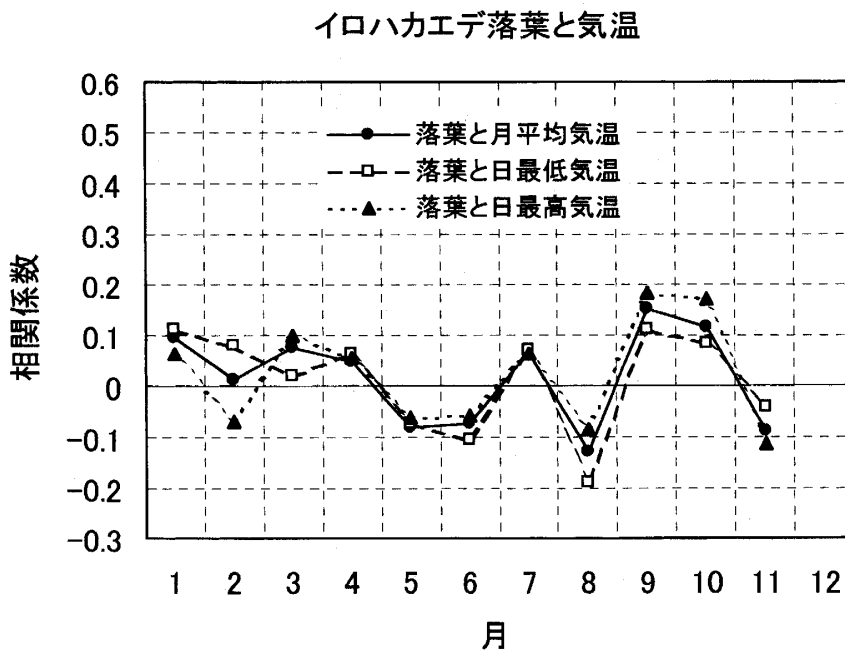


図9 イロハカエデの落葉と気温の相関

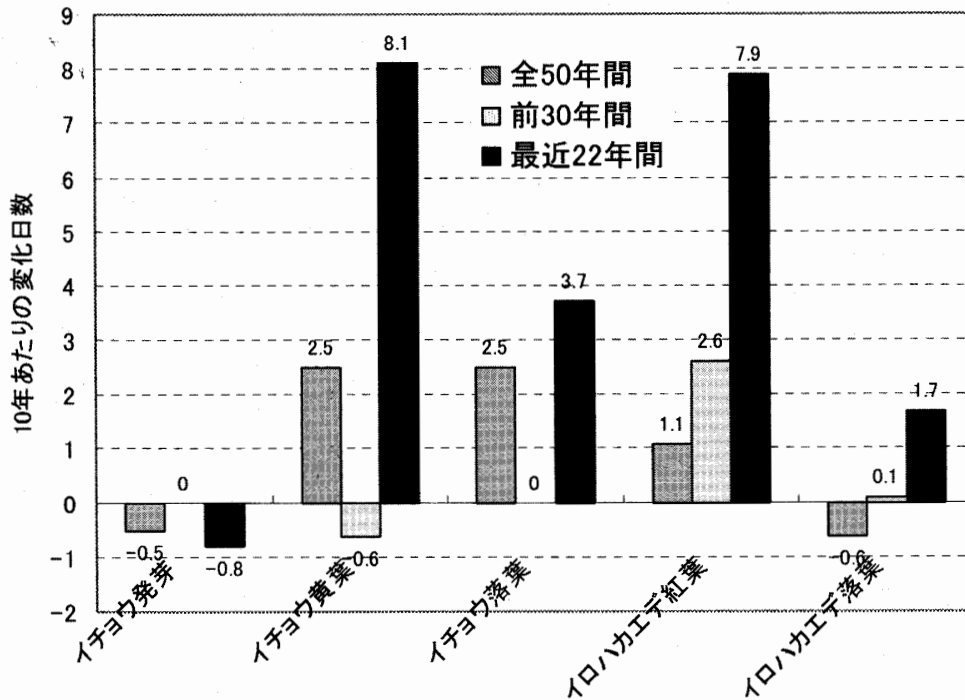


図10 イチョウ発芽日，イチョウ黄葉日・落葉日，イロハカエデ紅葉日・落葉日の10年あたりの変化日数

先の場合と同様，イロハカエデ，イチョウのデータのある1953-2001年の49年全体および前30年と1980年代以降について分けて，10年あたりの変化日数を調べた。イチョウ発芽，イチョウ黄葉・落葉，イロハカエデ紅葉・落葉について求めた結果を図10に示す。49年全体では10年あたりの変化日数で見ると，イチョウ黄葉・落葉2.5日，イロハカエデ紅葉1.1日，イロハカエデ落葉-0.6となるが，1980年代以降ではイチョウ黄葉8.1日，イチョウ落葉3.7日，イロハカエデ紅葉7.9日，イロハカエデ落葉1.7日遅くなっている。

49年間のうち最初の10年間と最近の10年間におけるイロハカエデ紅葉日・落葉日とイチョウ黄葉日・落葉日の変化を表3に示す。イロハカエデ紅葉日は11月11日から11月18日と7日遅くなり，落葉日は12月3日から12月1日と2日早くなっている。イチョウ黄葉日は11月20日から11月30日と10日遅くなっている。

表3 イロハカエデ紅葉日・落葉日，イチョウ黄葉日・落葉日

期間 (10年)	イロハカエデ		イチョウ	
	紅葉日	落葉日	黄葉日	落葉日
1953-1962	11月11日	12月3日	11月20日	12月6日
1992-2001	11月18日	12月1日	11月30日	12月10日
変化日数	+7日	-2日	+10日	+4日

## 香川における生物季節の経年変化

### 3. 気温の経年変化

次に気温の経年変化について見てみる。高松における1953年から2004年までの52年間の年平均気温の経年変化を図11に示す。平均気温の長期的トレンドは $3.6^{\circ}\text{C}/100$ 年の上昇となっている。この上昇率は都市化の影響の少ない地点を選んで行われている全国的な気温の上昇率 $1.06^{\circ}\text{C}/100$ 年に比べて大きく、高松地方気象台周辺の都市化の影響が大きく関係しているものと考えられる。気温は1980年代からの上昇傾向が顕著であるので、前30年と1980年代以降に分けて図12、図13に示す。気温上昇率は10年あたりに換算したものでみると前30年間の気温の上昇率は小さく $0.034^{\circ}\text{C}/10$ 年であるが、1980年代以降では $0.78^{\circ}\text{C}/10$ 年と大きくなっている。

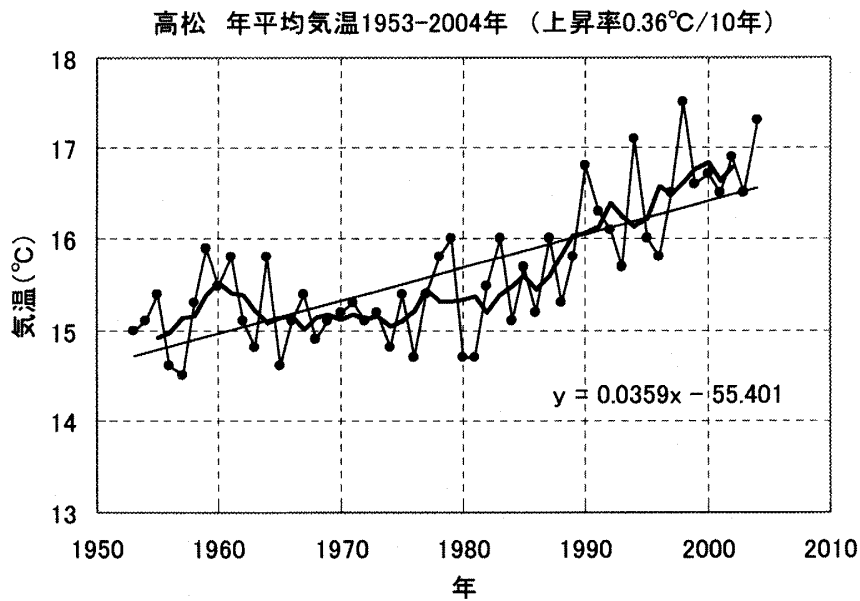


図11 高松における年平均気温の経年変化 (1953-2004年)

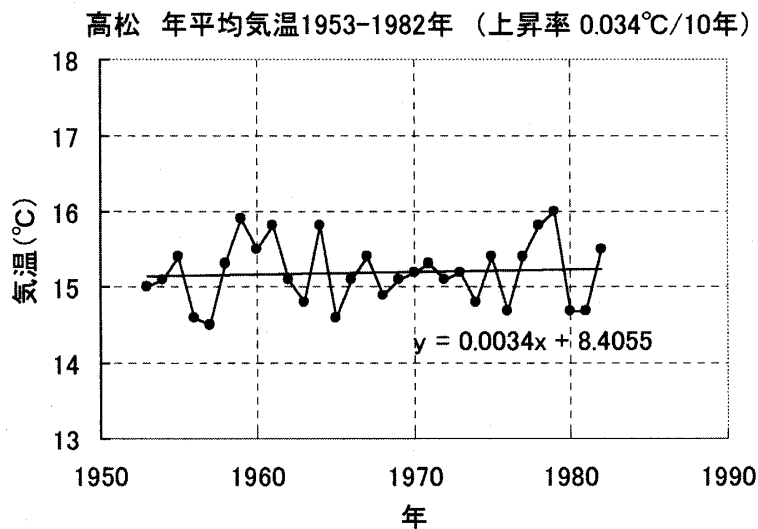


図12 前30年の年平均気温の経年変化 (1953-1983年)

高松 年平均気温1981-2004年（上昇率0.78°C/10年）

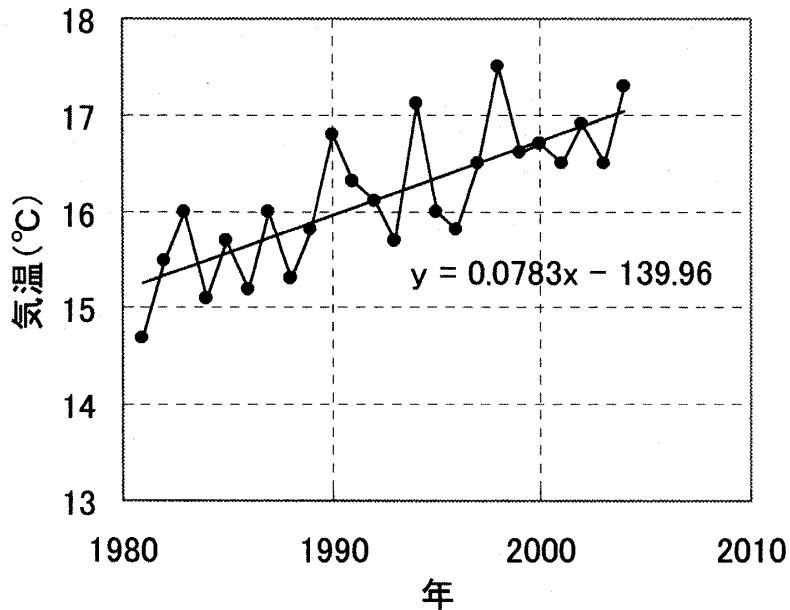


図13 1980年代以降の年平均気温の経年変化（1980-2004年）

高松における気温上昇についてさらに詳しく調べるため、日最低気温、日最高気温、日平均気温の月別平均値の時系列データに最小二乗法を適用し、長期的トレンドを50年あたりの気温変化量にして図14に示した。これらの月別平均値はどの月も上昇傾向にあることを示しており、とくに、日最低気温は3・4・5月および10月の上昇率が大きい。

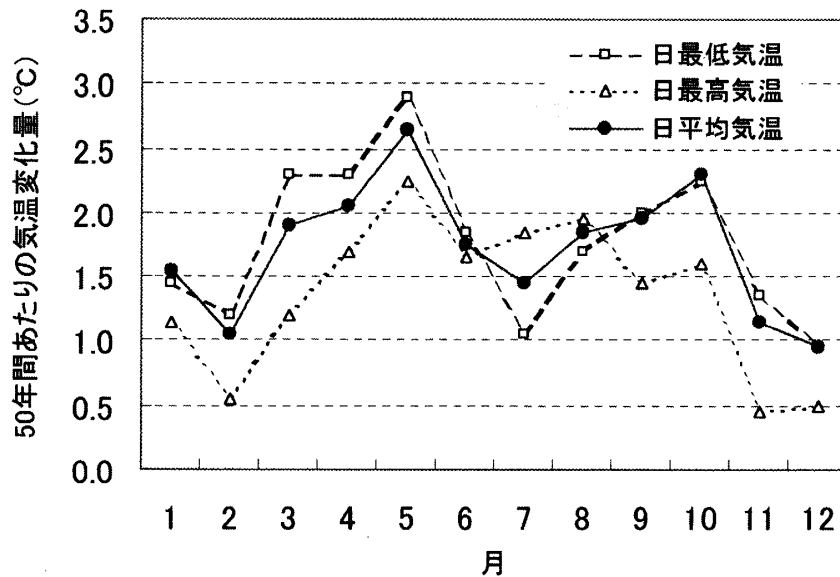


図14 高松における日最低気温、日最高気温、日平均気温の月別平均値の長期的トレンド。50年あたりの気温変化量にして示す

## 香川における生物季節の経年変化

ソメイヨシノ開花日はとくに1980年代以降早くなる傾向を示していたが、ソメイヨシノ開花日は3月の平均気温との相関が大きく、3月の気温が上昇傾向にあるため、早くなったと考えられる。イチョウの黄葉日やイロハカエデの紅葉日は10月の気温と相関が高く、10月の気温が上昇傾向にあるため、遅くなったと考えられる。

### 4. まとめ

1953年から2003年の50年間について、植物季節の経年変化を調べた。その結果、春の訪れは早く、冬の訪れは遅くなる傾向を示していることが明らかになった。50年間では、ウメ開花日は $-11.5$ 日/50年、ソメイヨシノ開花日は $-6.0$ 日/50年、ソメイヨシノ満開日は $-5.0$ 日/50年の割合で早くなっている。1950年代と1990年代の10年平均で比較すると、ウメ開花日は1月29日から1月20日、ソメイヨシノ開花日は3月31日から3月27日、満開日は4月7日から4月4日へと早くなっている。これらの変化はおもに1980年代以降に生じており、この年代以降で見ると、ウメ開花日は $-2.3$ 日/10年、ソメイヨシノ開花日は $-2.6$ 日/10年の割合で早くなる傾向が見られる。ソメイヨシノの開花日は、3月の気温と負の相関があり、開花日が早くなる傾向は、3月の気温の上昇傾向と対応している。

イロハカエデ紅葉日は $5.5$ 日/50年、イチョウの黄葉日・落葉日は $12$ 日/50年の割合で遅くなる傾向が見られる。1950年代と1990年代の10年平均で比較すると、イロハカエデ紅葉日は11月11日から11月18日、イチョウ黄葉日は11月20日から11月30日、イチョウ落葉日は12月6日から12月10日へと遅くなっている。これらの変化は1980年代以降に生じており、この年代以降で見ると、イロハカエデ紅葉日は $7.9$ 日/10年、イチョウ黄葉 $8.1$ 日/10年、イチョウ落葉は $3.7$ 日/10年の割合で遅くなる傾向を示す。一方、イロハカエデ落葉日は50年間では $-3.0$ 日/50年と早くなる傾向を示し、1950年代と1990年代の10年平均で比較すると、12月3日から12月1日へと早くなっている。ただし、1980年代以降で見ると、落葉日も $1.7$ 日/10年の割合で遅くなる傾向を示している。イチョウの黄葉日・落葉日は、9・10月の気温と正の相関があり、これらの月の気温上昇傾向と対応して、遅れる傾向にある。イロハカエデ紅葉日は遅れる傾向にあるが、10月の月平均気温以外には気温との顕著な関係はみられなかった。

### 謝 辞

この研究を行うにあたって資料の利用の便宜を図っていただいた高松地方気象台に感謝します。

### 参考文献

- 青野靖之・小元敬男, 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, p. 25-31.
- , 1990a: チルユニットを用いた温度変換日数法によるソメイヨシノの開花日の推定, 農業気象, 45, p. 243-249.
- , 1990b: 温度変換日数法を用いたサクラの開花日の簡便推定法, 農業気象, 46, p. 147-151.

- , 1990c: 都市温度のサクラの開花に及ぼす影響について, 農業気象, 46, p. 123-129.
- 原田恭子・塚本 修, 2002: 生物季節観測から見た岡山の気候変化, 岡山大学環境計測共同利用施設年報「しぶかわ」, 22, p. 10-17.
- 平野貴嗣, 1996: 新しくなったサクラの開花予想, 気象, 6月号 (No. 470), p. 4-7.
- IPCC, 2002: IPCC第三次評価報告書～第一作業部会報告書 気候変化2001 科学的根拠政策決定者向けの要約 (気象庁訳)
- 気象庁, 1964: 生物季節観測指針, pp. 85. 第3版追録第3号 (1992).
- , 1988: 生物季節観測30年報, 気象庁技術報告, 第110号, pp. 233.
- , 2005: 異常気象レポート2005 近年における世界の異常気象と気候変動～その実態と見直し～ (Ⅶ)
- 大後美保, 鈴木裕次, 1947: 日本生物季節論, 北隆館, pp. 217.
- 多度津測候所, 1992: 多度津の気象百年 平成4年7月.
- 山地一代, 米谷俊彦, 森 征洋, 1999: 香川県の都市域における気象要素の経年変化と地表面状態の変化, 天気, 46, p. 31-38.