

日本の生物季節現象に関する気候学的研究

中原 孫 吉

(営農気象学研究室)

Climatological Researches on the Phenology in Japan.

Magokichi NAKAHARA

Laboratory of Rural Meteorology

Abstract

Climatological Researches on the Phenology in Japan. M. Nakahara. Faculty of Horticulture, Chiba University, Matsudo, Japan. *Tech. Bull. Fac. Hort. Chiba Univ.*, No.17: 89-113, 1969.

Present paper is one part of a series of phenological studies in Japan by the Author

Phenological season and advance pattern of isophenes connected with the geographical advance in Japan were reported. Data used in this paper were based on recent printed matter of the Japanese Meteorological Agency published in 1966.

Linear equation was used for computation of variation rate of isophenes both plants and animals. Values of constants in the mathematical expression were calculated and their results were given in the variation rate in the equation was compared to that of low temperature by five °C.

Present paper clarified the first Occurrence date of every season and advance pattern of isophanes as well as their variation rate in Japan.

季節は生物の環境条件として大切な役割を果しているが、筆者は、30年来本邦の生物季節について研究して来た。またこれらの成果に最近観測法改正後気象庁より、最近公表された13年間の平均値を基礎としてあらたに取りまとめたものである。予定した報告が紙数にしても余りに膨大となったので、これを要約して取りまとめたものである。今回は主として基礎的な研究成果を報告するものである。

1年を天候の推移によって区分したものが季節である。この季節は場所や気候状態によって差異がある。この季節を研究するのが季節学であって、その学問の特性上気候学の1分科ということが出来る。

季節学は広義に定義すれば、地球の表面の各地域におけるその地の自然界に及ぼす学問であるといつてさしつかえがない。元来季節学でその対象として取り扱うもの

は有機、無機の物体现象であるが、取りわけ動物とか、植物などの生物界に季節的に起る現象が主な対象とされ、生物季節現象の名で呼ばれている。

動物では鳥の渡り、繁殖、魚の回遊、休眠の状況、昆虫の発生とか、鳴期とかが取り上げられ、植物では発芽、開花、満開、結実、収穫、紅(黄)葉、落葉などや、その他の異常現象は気象の影響によることが大きい。またこの種の関係を調べておくで学問上の興味ばかりでなく広く産業上や人々の日常生活にとっても、参考になることが多い。その意味で季節学は昔から研究が開始され利用されていた。しかし季節学が学問的な形態をととのえたのはこれよりずっと後のことである。英語ではPhenologyという語がこれに相当する。Phenologyは外部に現らわれた現象で、むしろ顕象あるいは景象と呼ばれるのが当然であろう。

この景象は、この学問の発生や発達からみて土地および気候と結びついたもので、気候学の1分科に考えられるのも当然である。一方、地理学と結びつきもきわめて大きい。要約すると風土、地理学、気候学と密接な関連があるが、一方生物を取り扱う以上は生態学も参考学科として加えられなければならない。本論文では気候学と地理学に主体をおき、これに生態学を参考として論を進めた。取り扱った地域は、一応わが国全体であるが、主として鹿児島以北、青森以南の本州、四国、九州の地域を主体として考えた。これらの地域について季節現象の発生を基礎として季節区分を行なったが、一局地の代表例として関東地方でも割合資料が完備している前橋地方気象台の資料も平行的に使用した。

生物季節現象は筆者の研究調査の結果、環境気象として動植物の示す反応にはそれぞれ差異が認められる。動的な動物の場合と、静的な植物の場合、当然違ってくる。しかし、何れにしても両者共通して多く働きかけるのは温度であろう。温度以外には湿度、風、日射、日照なども劣らず大切であるが、最も影響力の強いものは温度であろう。たとえば日射の強弱は、その影響は温度にも間接的に現われている。従って筆者は温度をおもな作動因子として取り上げた。また生物季節現象の応用について一言ふれてみると、気象および気候学への利用以外に農業気候あるいは農業地理、または人文地理への応用にも大きく、文学的方面にまでもその影響が現われている。

とにかく一応地上気候の進歩への一寄与として、また季節学の一つの基礎として筆者は取りまとめたものである。

さらに、世界におけるこれまでの動植物季節現象の研究概観をまとめて述べる次のようである。

古代の中国の曆に24気72候というものがある。24気各気節を初候、2候、3の三つに分けるので計72候ができ上がる。そして、年間の季節の変遷を気候の推移と結びつけた自然現象の変化状態と関連づけて表現するもので、これに渡り鳥の去来期や昆虫の鳴期、爬虫類の冬眠期などの動植物の季節が織り込んである。これらは今日の進歩した科学知識で判断すれば、幾多の不合理な点もあるが、詳細に観察すると興味ある事実が示唆される。日本のように南北に細長い国では、南北の緯度の開きが大きく、生物の種類分布にもその影響が現われている。この24気72候は徳川時代に輸入されたもので、昔の文献によると寛政年間、芝、伊皿子の小説家、高井蘭山の『年中時候譜』が挙げられ、同書には支那の72候と日本のものが併記されている。

元来、この曆の源は遠く紀元前700年くらいまでさか

のぼることが出来る。わが国でもこの思想が輸入され、花曆、事曆または民間伝承として今日まで伝えられている。

ローマ時代 CAESAR も月曆を始め、作物の季節曆も作製したことが SHELFORD (1939) の文献で伝えられている。しかしながら、科学的に体系づけられ始めたのは18世紀の中葉 LINNE (1751) が花曆をまとめ、その後、50年を経てスウェーデン、ドイツ、フランス、イギリス等で季節曆が出来た頃からである。

REAUMER (1735) は季節現象と気象学とを関連づけようと努力し、CANDOLLE (1855) の思想にならって積算温度を用いた。

18世紀には動植物の季節観測がよく研究されている。その主なものをあげる。

イギリスの WHITE (1789)、1736年以来観測されている M MARSHAM 家、および同国の CHANDON 家の記録がある。北アメリカ合衆国の BIGELOW (1817)、天文学者 QUETELET、SCHUBLER (1830) もイタリーの palma と、プロシヤの Grieswald の季節の出現日の差異を見出し、後出の季節の移行状態を始めて研究したことが中原の報告 (1942) にみられる。これについて FRITZ (1886) も同じような研究を行なった。イギリスの動植物季節は1875年度の観測が3年後、王立気象学会誌第5巻 (1938) に報告されて以来、昭和の中頃までも続いている。最初の報告は昆虫8種、鳥類19種が8気候区別に記されており、当時11学会の協力で非常に整備された体系を備えていった。なお植物季節では開花期29種、樹木5種が選定されている。ソ連ではかなり昔から季節学に注目した SCHMIDT (1926) の報告もある。これによると ANNENKOFF (1885~1895)、DOERGINK (1845~1860)、NOCEKOFF (1885~1895) などがあげられている。また1888年から1923年までは、KAIGORODOFF が観測を続けてきたことも注意しなければならない。彼の死後は OBSTEHESTRO MIROVENDENJA にゆだねられ、1924年に258人が国内223地点で観測を行なった。以来75地点で10年以上観測が継続された。戦後も、数種の生物季節に関する書物が刊行されている。また、ポーランドでも気象台報告によると1929年来国内での観測が1年を7期に分けて記載公表され、動物ではカウコウとツバメの観測が、大戦で滅亡するまで一応続けられていたが、戦後はおそらく観測が復活されたものと思われる。

HOFFMANN (1881) が中部ヨーロッパの植物季節を発表して以来、相ついでこの方面の研究が行なわれた。とくにドイツ、オーストリアの諸国に多かった。なお季節に関する機関紙としオランダで『Acta Phenologica』が出版されたが、主唱者の没後1935年の第3巻を最後と

して廃刊の運命となった。

北米合衆国では HOPKINS (1938) が有名な生物気候の法測を発表している。

戦後では ROSENKRANZ (1951) が主として中部ヨーロッパの季節とオーストラリアの生物季節を公にしている。この書の特徴は動物季節の種目は非常に少なく、ツバメ、カッコウ、の去来期や、コガネムシ、蝶類の出現期を取り扱っているのみであるが、これに反して植物季節が主体をなし、ライムギ、カラスムギなどの農作物の季節や果樹園の成熟季節、樹木の発芽、落葉などの季節も取り扱っており、牧草の刈取期などのような牧場の季節までも含まれているので戦前のものとその指向方向がだいぶ変わっていることがわかる。

最近 SHAW, R. H. (1967) の地上気候学という著書中で気候指標としての Phenology に関する章を掲げその重要性を認めているが、残念ながら、米国西部地方に限られ米国全土にわたるものは取り扱われていない。

日本の動植物季節の観測および報告

わが国の生物季節の観測は中原の調査報告 (1942) では古くは明治13年7月刊行された気象観測法にみることができ、その内容は1872年刊行の Smithsonian Miscellaneous collection の観測項目の翻訳に由来している。明治19年になり、内務省地理局東京気象台により気象観測法が正式に規定されたが、この中に動物報告や植物報告として定められており、その後、大きい変遷はないが、これが生物季節観測法の基準となり、大正4年、昭和15年の気象観測法の改正の際にも大きい変動はみられなかった。

最近では、昭和28年1月に生物季節観測法 (1954) の大改正が行なわれた。そして生活季節や農事季節が追加され観測されるようになった。この年行なわれた観測規定種目とその対象の概要図を示すと第1表のようである。またこれは観測実施の結果、その観測種目に昭和39年1月、小改正が行なわれ規定種目も数少なくなった。

今回の観測方法では、植物季節は、発芽、開花、紅(黄)葉、落葉等が観測され、動物の場合、出現、去来、冬眠、鳴期が、生活季節では、かや吊、採暖などであるが、その他の不時現象も観測報告することに定められている。また、これらの観測の記帳は日単位として行なわれるように規定されている。なお、昭和28年以前では発芽では最初の発芽を観測していたが、新しい観測では芽の総数の2割の発芽する日をもって発芽日と定められている。今回の改正の生物季節の観測対象種目では種目によって筆者は少し異論をもっている。たとえば春の

第1表 気象庁指定の規程観測種目一覧表

(○印および該当欄に指定の項目があるものについてのみ行なう)

季節	対象	発芽日	開花日	満開日	紅(黄)葉日	落葉日	初日	終日
植物季節	スイセン		○					
	タンポポ		○					
	スミレ		○					
	ヤマツツジ		○					
	ノダフジ		○					
	ハギ		○					
	ツバキ		○					
	ウメ		○					
	ソメイヨシノ		○	○		○		
	クワ	○				○		
タカオカエデ				○	○			
動物季節	ヒバリ						鳴	
	ウグイス						鳴	○
	ツバメ						見	
	モズ						鳴	○
	マガン						見	
	トカゲ						見	
	カナヘビ						見	
	アオダイショウ						見	
	シマヘビ						見	
	トノサマガエル						見	
	ニホンアマガエル						見	
	モンシロチョウ						見	
	キアゲハ						見	
	アキアカネ						見	
	シオカラトンボ						見	
	ゲンジボタル						見	
ヘイケボタル						見		
ハルゼミ						見		
ニイニイゼミ						鳴		
ヒグラシ						鳴		
アブラゼミ						鳴		
ミンミンゼミ						鳴		
ツクツクボウシ						鳴		
生活季節	夏の服装						○	○
	冬の服装						○	○
	かや						○	○
	火鉢						○	○
季節	こたつ						○	○

きざしと考えられるタンポポの開花日について論じてみ

ると、暖地では2月下旬に早くも開花するが、寒地ではこの頃はまだ冬期に属している。積雪地方では融雪が終了して後急速に発芽し、その後開花するので融雪期と関係が密接である。北海道ではタンポポの開花は5月に入るが、気温の点からみると早春に当たるわけである。暖地では2月下旬は筆者の体感から考えれば早春よりむしろ冬に属するわけであって、暖地の早春は3月にならなければ感じられない。また同様なことがウメの場合にもあてはまる。暖地では、ウメ、モモ、サクラなどの開花はそれ相当の開きがあるが、寒地での開花は期間の開きも短かく、相前後して開花する状況である。これらの矛盾は南北に細長く、また気候的にみても地域差がはなはだしく複雑であるわが国土であってみれば仕方がないだろうから、欧米のそれと軌を一にして論ずることは無理であると思われる。

生物季節観測の報告は明治年間でも提出されていたが、これらの報告の成果が公表されたのは中央气象台刊行の大正14年3月気象雑纂3巻3冊(1925)にはじめて報じられ、つづいて全4巻3冊(1930)及び第5巻1冊(1930)、第6巻1冊(1931)等に公表された。これに大正13年より昭和3年までの成果が報告されている。また築地、影井(1930)はサクラ、ツバメの季節図を公表している。それ以降報告は気象要覧の月報および年報に公表され、最近では農業気象年報でも報告されており今日に至っている。また多くの研究者の調査研究は、大正、昭和年間を通じて各種の気象関係の書物や印刷物に気象関係者によって報告されている。しかし気候関係の書物では、福井の気候学(1938)に掲記引用されているのが最初であろう。

年間の生物季節暦および暦線図

わが国の生物季節の状況を論じて後に生物季節暦を論及するのが順序であろうが、年間の生物季節暦を便宜上、先に取り上げた。まずわが国のものと比較のため欧米の研究を先に紹介し、わが国のものについて筆者の調査研究を掲記した。

1年間の季節の分類方法には天文学的な分け方、暦日による分け方、および気象学的な分け方があるが、生物季節による分け方もあり、これを線図または図表に表現しようとする試みも行なわれている。

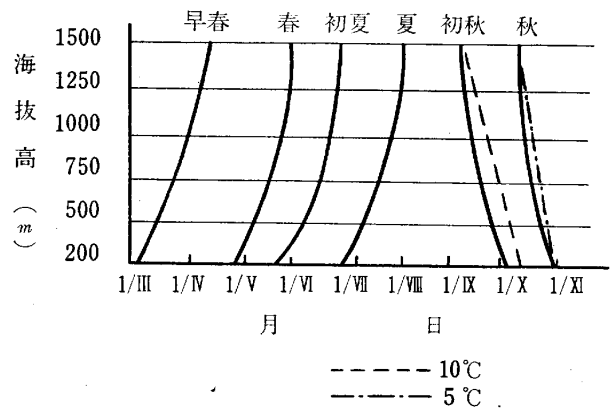
その最初のもは田中(1932)が報じたIhneの植物季節による分類であろう。彼は次のような分け方を行なった。

早春 植物生活開始の時、柳属のような開葉前に開花する種類の開花期頃。

- 春先 カエデ類の開花する頃、この時期はトチ、カラマツ、カンバ、シデ、ブナ、ナラ等の枝先きの芽が青味がかかる頃と一致する。
- 春 トチ、カエデ、マツ類が開花し、モミ、トウヒの類が少し芽を開き始める頃。
- 初夏 裸麦、シナノキ類の開花する頃。
- 盛夏 穀類の収穫開始時期。
- 晩夏 イチイ、カエデ類の種子が成熟する頃。
- 秋 ブナ、ナラ、カラマツ、カンバ等の葉の色が変わる頃。

以上のような。この分類方法はドイツの気候を示すものであるから、そのままわが国のものにあてはまるものではない。わが国の場合はあとに詳記する。

オーストリアでは1年を早春、春、初夏、夏、初秋、秋等に分類し、等1図のように推移することを示した。



第1図 オーストリアにおける季節の移行状況

この図は同国内のみの線図であるから横軸には月日を取り、縦軸には海拔高を採用している。文献によるとWETMOVE(1926)はヨーロッパでは春の到来をツバメの渡った日で表現している場合もあるが、わが国でウグイスを古来春告鳥とよび、その初啼日をもって春の訪れを示すものとしたのと同じような考え方である。一般に生物の生活現象による季節の観測は器械的観測法による気象上の統計とは数字の上からみてもその精度に劣ることは明白であるが、われわれの日常生活にはまた別の意味において味わいを与えていることは決して見のがせないことであろう。

年間の季節線図や図表において年による植物季節の出現日の遅速ということも取りあげねばならないだろう。緯度的にさほど南北の開きがないオーストリアにおい

第2表 各植物の発芽期の平均値からのずれ日数

事象	ユキノハナ	サクラ	リンゴ	トチ	ムラサキハシバミ	コムギ
遅れた日数	27日	15	15	16	16	11
早くなった日数	25	13	15	12	13	17
計	52	28	30	28	29	28

第3表 各植物の開花期の標準偏差

対象	偏差(日)	対象	偏差(日)
ムラサキハシバミ	13.8	ム マ グ リ	6.9
クワントウ	9.2	ヒロハヒルガオ	10.7
アネモネ	6.7	マツムシソウ	7.1
クロアザミ	9.4	セイヨウサンザシ	6.0
ホタルブクロ	6.7	フランスギク	8.1
コスモ	6.8	ヨーロッパノバラ	4.6
オランダキクガシラ	6.6	キヅタ	11.7

て、FRITSCH (1886) は第2表のような早晩の表を公にしている。いずれも平均値からの早晩の日数であるが、ユキノハナは52日も開きがあるが、その他は30前後が多い。

開花日に関してイギリスの南東部地区の、1933年度の観測について標準偏差を示すと第3表のようである。

第3表からも分かるが、早春(1-3月)に開花するムラサキハシバミやクワントウは温暖な季節に開花するものよりも開花期は長い。4月より7月に開花するものは、偏差は6-7日を増している。偏差度は晩夏から秋にかかるものではふたたびしだいに増加している。この理由は4月から7月にかけては、気温もしだいに上昇し、また、日長もだんだん増加するので、植物に与えられた極限の条件は夏になると容易に得られるが、秋になるにつれて悪くなるからであろう。クロアザミが比較的大きい偏差を示しているのは、異品種間で観測されていることに原因するとSMITH (1938) はTURRILLが報じたことを記している。わが国の例として、ツバメの渡来をみると、1937年では平年値より早かった日数は21日、遅れた日数は25日という地区もあった。しかし、全国95地点の平均では平年値より1日の遅れを示したにすぎない。いずれにしても渡りの日の平年値よりの狂いは、5日以内の早晩におさまってしまう。サクラの場合も同じような成果が得られているが、この二つは同じく早春の現象なので類以の結果が得られたものと考えられるが、

この早晩の季節の狂いは季節によって差異がみとめられる。これらを次に詳細に論じてみる。

ヨーロッパの季節同様日本の季節を第4表のようにとり、各季節に入ると思われる現象を気象庁の前述の観測指針より選定した。表中の空欄は該当季節種目が見当たらないことを意味するものである。これらの各季節を、順を追って記そう。筆者は報文中、また青森以南のわが国の各地について起生日の月を求め、その現象発現日のモードを用い、動物季節全体を一目でわかる図を作成し、各地域別の平年値の旬別をもって平均値とみなし発現の平年値をもとめると、第5表のようである。

第4表 わが国の季節と主な生物季節

季節	主な植物季節	主な動物季節
初春	ウメ、スイセン、タンポポ	ヒバリ、ウグイス
春	ソメイヨシノ	ツバメ(初日)モンシロチョウ
初夏	フジ	ニイニイゼミ、ホタル
夏		アブラゼミ
初秋	ハギ	ツクツクボウシ、モズ
秋	カエデ(紅葉)	ツバメ(終日)マガン
晩秋	カエデ(落葉)	

第5表 わが国の動物季節の月別旬別発生状況

月	旬	動物季節
III	上	ヒバリ
	中	ウグイス
	下	モンシロチョウ
IV	上	コウモリ、ツバメ、モズ(終日)トカゲ
	中	ガン、セキレイ(北国)、ヘビ、カエル、カ
V	中	カッコウ、ハルゼミ
	下	ホトトギス、ホタル
VII	上	ニイニイゼミ、ハルゼミ(終日)
VII	上	ツクツクボウシ
VIII	中	コオロギ
	下	ホタル(終日)
IX	上	ニイニイゼミ(終日)
	中	モズ
X	上	セキレイ(南国) ツクツクボウシ(終日)
	中	ツバメ(終日) カ(終日)
	下	ガン、カエル(終日)
XI	上	ヘビ(終日) コオロギ(終日)
	中	モンシロチョウ(終日)

この表よりヒバリが一番早く、その次にウグイスが鳴き出すことになり、モンシロチョウが出るようになる。これは初日の平均値であるが、初日は、後出の第6表よりわかるが一般に分散している。この分散度の少ないもの程、平均値はその性質からいっても当然であろう。

第6表 附属通日表

月	通日	月	通日	月	通日
12	-31~-1	4	91~120	8	213~243
1	1~31	5	121~151	9	244~273
2	32~59	6	152~181	10	274~304
3	60~90	7	182~212	11	305~334

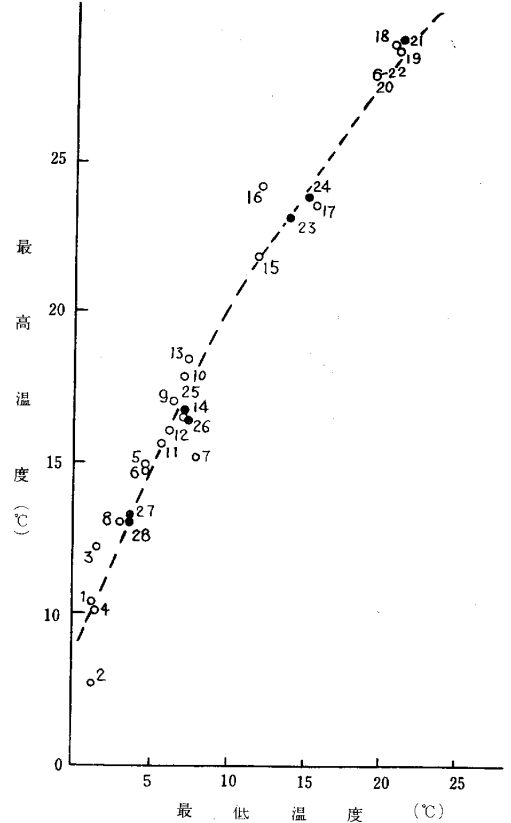
これまでのものでは何ら生態的根拠が少ないので生物季節の年間の季節歴として決定基準に気温を選定し論考した。このため筆者は昭和28年の改正後の気象庁の発表した41年までの13年間の平均値(1968)を平均値として採用した。この場合、指針の改善結果で、「規定種目」の数が一部改正されたことを註記しなければならない。今、生物季節の発現日を全国的に取り扱い、悉皆調査でなく乱数表によって10地点を選定し、その発現日および標準偏差を無作為に抽出した。又種目別の温湿度関係は、福岡、高松、広島、津、松本、前橋、秋田、函館等の8地点について出現日の平均および最低気温の平均、相対湿度を平均し各季節の各種目の発現日の気象要素とし、第6付属の通日表、1表2表および第2図、第3図に示した。

第6表 (1) 各生物季節の出現日の全国平均値、標準偏差、変化率、およびその当日の気象表

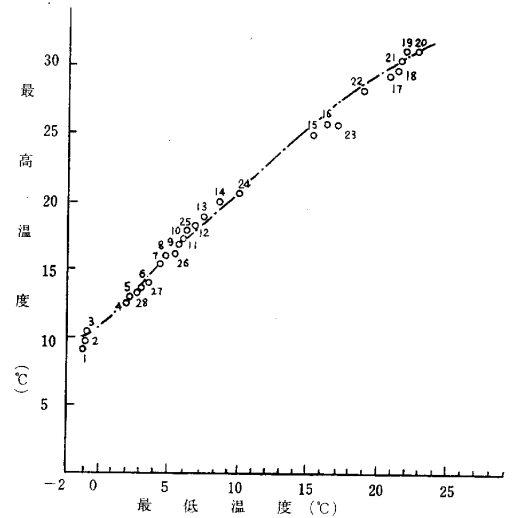
番号	種目および現象	発現日 (通日)	標準偏差 (σ)	3σ	変化率 %	平均気温 °C	最高気温 平均°C	最低気温 平均°C	相対湿度 %
1	ウメ開花	61	40.6	121.8	66.6	5.5	10.7	1.1	69
2	ウグイス初鳴	67	11.9	35.7	17.8	5.1	6.8	1.1	69
3	ヒバリ初鳴	76	18.3	54.9	24.1	5.1	10.3	1.3	69
4	ツバキ開花	90	28.6	75.8	3.2	5.2	10.1	1.3	68
5	ツバメ初見	92	6.7	20.1	7.3	9.2	14.9	4.5	70
6	モンシロチョウ初長	94	19.7	59.1	20.9	8.3	14.8	4.4	81
7	ソメイヨシノ開花	96	13.8	41.4	13.4	9.3	15.1	8.0	70
8	タンポポ開花	96	23.7	71.1	24.7	7.6	13.0	3.0	70
9	トノサマガエル初見	103	11.8	35.4	11.4	11.3	17.0	6.4	71
10	キアゲハ初見	106	9.4	28.2	8.9	12.1	17.7	7.0	81
11	ソメイヨシノ満開	109	10.5	31.5	9.6	10.7	15.6	5.7	71
12	イチヨウ発芽	107	7.2	21.6	6.8	10.9	16.0	6.0	70
13	ヤマツツジ開花	109	8.2	24.6	7.5	12.7	18.4	7.6	72
14	ノダフジ開花	121	8.7	26.1	7.2	11.7	16.5	6.9	73
15	シオカラトンボ初見	136	17.5	52.7	12.9	16.5	21.8	11.9	78
16	ホタル初見	157	21.3	63.9	13.6	17.4	24.2	12.1	77
17	アジサイ開花	164	9.7	29.1	5.9	19.2	23.5	15.6	80
18	ヒグラシ初鳴	195	5.6	16.8	2.9	24.5	28.8	21.1	81
19	アブラゼミ初鳴	205	4.8	14.4	2.3	24.4	28.6	20.9	82
20	サルスベリ開花	212	13.9	51.7	6.5	26.5	31.2	22.9	81
21	ヤマハギ開花	225	24.6	73.8	10.9	24.2	29.0	21.2	81
22	ススキ開花	249	18.1	54.3	7.3	23.0	27.7	19.4	71
23	モズ初鳴	264	9.7	29.1	3.6	17.8	23.2	23.8	77
24	ツバメ終見	283	13.9	56.7	4.9	19.1	23.8	15.0	80
25	イチヨウ黄葉	305	5.5	16.5	1.8	9.7	16.7	6.5	75
26	イロハカエデ紅葉	310	13.6	40.8	4.4	11.1	16.4	7.2	75
27	イチヨウ緑葉	327	11.1	33.3	3.4	7.9	13.1	3.5	75
28	イロハカエデ落葉	345	11.3	33.9	3.3	7.8	13.0	3.4	73

第6表 (2) 前橋気象台における発現日と当日の気象

番号	種目および現象	発現日 通日	平均 気温 °C	最高気 温の平 均 °C	最低気 温の平 均 °C	相対 湿度 %	日照 時数 時
1	ヒバリー初鳴	52	3.2	9.3	-1.2	57	7.0
2	ウメ開花	54	3.4	9.5	-1.0	57	7.0
3	ウグイス初鳴	63	4.6	10.3	0.2	49	6.6
4	ツバキ開花	78	6.5	12.6	2.0	58	6.8
5	モンシロチョウ初見	80	6.8	12.9	2.3	58	6.8
6	タンポポ開花	85	7.6	13.6	3.1	58	6.8
7	ソメイヨシノ開花	92	8.9	15.1	4.4	60	6.8
8	ツバメ初見	99	10.4	16.8	5.7	61	6.9
9	ソメイヨシノ満開	100	10.6	16.9	5.9	61	7.0
10	キアゲハ初見	100	10.6	16.9	5.9	61	7.0
11	イチヨウ発芽	101	10.7	17.1	6.0	61	7.0
12	ヤマツツジ開花	110	12.5	18.3	7.4	62	7.0
13	トノサマガエル初見	111	12.6	18.5	7.6	63	7.0
14	ノダフジ開花	117	13.8	19.6	8.6	65	6.7
15	ホタル初見	161	19.6	24.5	15.5	75	5.1
16	アジサイ開花	167	20.5	25.3	16.5	77	4.6
17	ヒグラシ初鳴	200	24.7	28.9	21.1	81	5.3
18	アブラゼミ初鳴	204	25.3	29.4	21.6	80	5.8
19	サルスベリ開花	222	25.6	30.4	22.3	81	6.5
20	ヤマハギ開花	231	25.2	29.9	21.9	82	6.2
21	シオカラトンボ初見	234	25.0	29.5	21.7	82	5.9
22	ススキ開花	254	22.4	26.6	19.2	83	4.2
23	ツバメ終見	261	20.7	25.4	17.6	81	4.3
24	モズ初鳴	293	14.5	20.2	10.6	75	5.5
25	イロハカエデ紅葉	310	11.9	17.7	7.5	69	6.1
26	イチヨウ黄葉	317	10.2	16.0	5.7	66	6.1
27	イロハカエデ落葉	330	8.2	13.9	4.0	66	5.7
28	イチヨウ落葉	335	7.3	13.1	3.1	64	6.6



第2図 わが国における季節各種目の出現の温度



第3図 前橋における出現日の温度

第2図、第3図ではX軸に最低気温、Y軸に最高気温をとり発現日の各々の点をとったものである。第2図を基準としてこれを動、植物別および全体を総合し最小自手法で式を求めた。Yは発現日の最高気温、Xは発現日の最低気温とすれば次ぎの式が得られた。

植物季節 $y = 1.21x^{1.72} + \epsilon$

動物季節 $y = 1.25x^{1.48} + \epsilon$

生物季節 (動植物一括) $y = 1.2x^{1.11} + \epsilon$

但しこの式は大気候的性格のもので ϵ を加えた。

一般に発現日の気温状態をYとすると

$y = \varphi_1 + \epsilon$

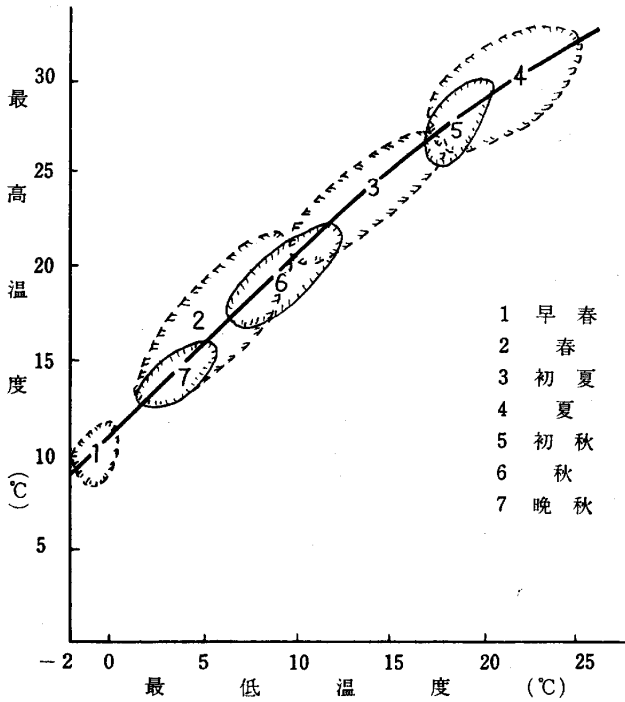
として取り扱ってみて、 φ は大気候、 ϵ は局所気候 φ_1 、および微気候 φ_2 を総合してあらわすものである。従って

ϵ は $\epsilon = f(\varphi_1, \varphi_2)$

の性格のものである。筆者は、 $\epsilon = \varphi_1 + \varphi_2$ と考えた。

第2、3図は全国的なものであるので一局部的な地域を例証するため、前橋気象台の例を第4図に示したがこの図でもその地域の生物季節歴がわかる。これらの図によって、I_{HNF}に従って、早春、春、初夏、夏、初秋、秋、晩秋の七季節をとりあげ、そのわけ方は気温図により季節の温度的集団の位置づけにしたがって分けた。これによって分類すると第7表のようになる。

各季節別に平均値を季節現象の種目より出し第8表1-6に掲げた。なお、通日は前出の第6表付属表を参照されたい。全種目のある所のみ平均の値を出したが一種

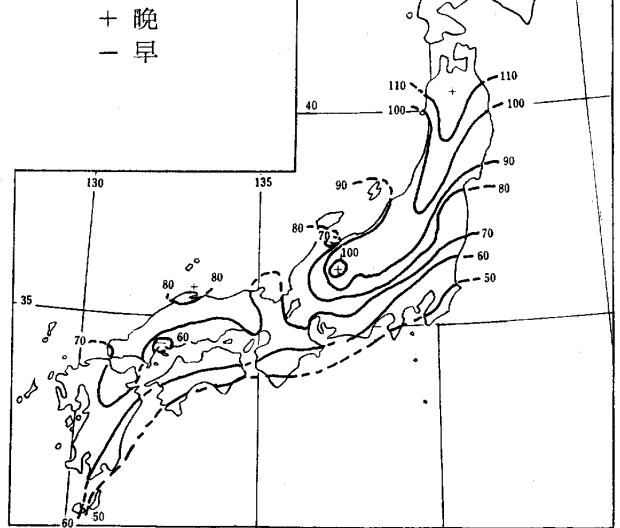


第4図 前橋における生物季節暦と温度関係

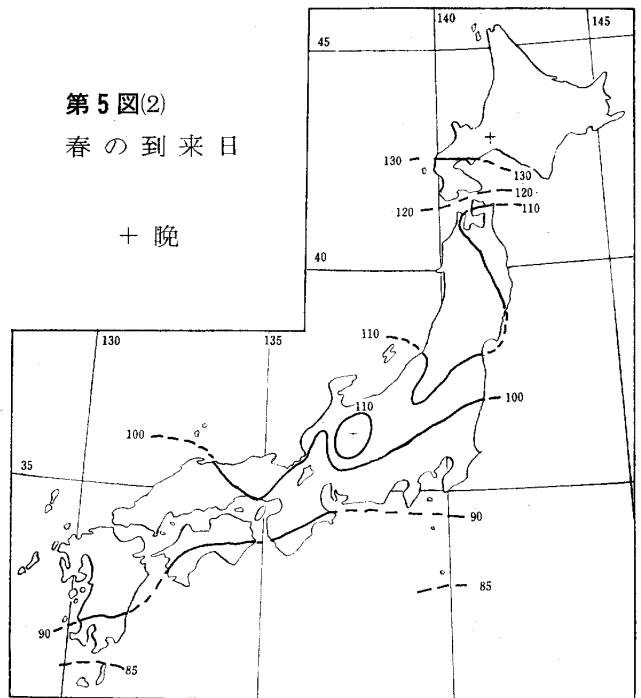
第7表 わが国の生物季節

季節	主な植物季節	主な動物季節
早春	ウメ, タンポポ, ツバキ 開花	ヒバリ, ウグイス, 初鳴 日
春	ソメイヨシノサクラ開花 満開 ヤマツツジ, ノダ フジ開花	ツバメ, モンシロチヨウ 初見 トノサマガエル初鳴
初夏	アジサイ 開花	トンボ, ホタル初見
夏	サルスベリ開花	ヒグラシ, アブラゼミ初 鳴
初秋	ヤマハギ, ススキ, サル スベリ開花	モズ 初鳴
秋	イチヨウ黄葉, イロハカ エデ紅葉	ツバメ 終見
晩秋	イチヨウ落葉, イロハカ エデ落葉	

第5図(1)
早春の到来日



第5図(2)
春の到来日



目欠けた場合は*をつけて他の地点と区別した。これらによって日本の生物季節暦が明瞭に示され、よく判明しよう。それら各季節到来日を第5図(1)―(7)に掲げた。

無霜期間は晩霜の翌日より初霜の前日迄の間であって生育期間とよばれることがあるが生物季節でこの期間に相当するものは大体早春より秋迄であると仮定して生物季節的生育期間を第8表より作製し第9表を得た。なお両期間を対比してみると初霜が秋より早いか終霜が初春より遅れる地点では両期間の差は正を示しているがそうでない中部山岳地または北日本地方では負の場所が多い。正の場所は暖地に多く、負の場所は寒地か本州の高冷地に多い傾向が認められる。なお、その全国的な分布状態を第6図に示した。

第8表 各季節現象種目の発生日と、これより算出した各地及全国の生物季節暦(1)

季節	早 春					春								初 見					
	初 鳴		開 花			平均	ソメイヨシノ, サクラ		開 花		初 見		初鳴		平均	初 見		開花	平均
	ヒバリ	ウグイス	ウメ	タンポポ	ツバキ		開花	満開	ヤマツツジ	ノダフジ	ツバメ	モンシロチョウ	トノサカエ	トンボ		ホタル	アジサイ		
種子島	51	40	19	28	78	43	83	97	78	96	76	49	95	82	92	135	144	90	
屋久島	-	62	18	61	107	62*	-	-	107	-	74	59	-	-	-	-	-	-	
鹿児島	62	63	20	75	92	62	88	95	92	102	76	62	-	86*	109	134	-	-	
宮崎	72	50	24	-	94	60*	87	93	94	102	76	79	84	93	119	132	-	-	
大分	69	76	35	-	128	77*	89	97	128	109	77	62	-	97*	-	143	155	-	
熊本	63	84	30	-	-	-	85	93	-	105	87	66	-	-	-	136	156	-	
福岡	76	43	26	69	101	61	88	95	128	-	66	66	81	87	119	143	156	139	
長崎	77	43	22	72	91	61	86	94	91	106	76	46	93	85	113	138	-	-	
佐賀	36	58	34	76	112	63	86	91	112	106	75	60	101	90	112	136	147	132	
福岡	35	63	31	76	164	61	88	96	104	109	83	78	114	95	135	142	150	142	
高知	-	-	15	75	98	-	85	93	98	101	92	68	74	87	-	-	-	-	
宇和島	-	50	16	67	101	58*	83	93	101	103	81	66	-	88*	-	138	157	-	
松山	45	64	25	63	107	62	89	98	107	106	78	64	-	90*	133	139	167	146	
高松	46	-	36	60	-	-	91	98	-	-	88	65	98	-	139	141	-	-	
徳島	44	-	27	88	114	68*	89	97	114	112	96	79	-	98*	132	142	-	-	
下関	69	64	24	64	101	64	90	98	101	116	95	77	108	98	120	148	153	140	
広島	64	56	28	77	-	55*	89	99	-	106	86	66	103	93*	133	153	157	148	
岡山	28	-	35	76	102	60*	91	98	106	-	86	70	102	96*	140	142	-	-	
西郷	-	-	38	96	120	-	94	102	126	122	88	76	102	101	130	155	-	-	
浜田	77	-	19	-	-	-	88	96	-	-	83	70	106	-	149	152	164	155	
松江	68	-	43	-	114	-	93	-	114	-	73	86	-	-	-	161	-	-	
米子	68	-	51	91	113	81*	94	99	113	113	81	78	101	96	131	156	163	150	
鳥取	59	-	37	80	109	71*	94	98	109	118	79	78	113	100	123	156	164	148	
潮岬	-	-	20	85	-	-	91	97	-	-	85	66	-	-	128	-	-	-	
和歌山	-	-	28	62	103	-	86	95	103	106	94	73	-	93*	148	139	157	145	
奈良	40	59	44	74	108	61	92	98	108	112	81	77	98	95	114	152	-	-	
豊岡	73	-	59	81	112	58*	94	99	112	-	96	94	-	-	-	156	-	-	
洲本	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	105	-	121	-	-	-	
神戸	69	63	48	85	116	75	92	98	110	112	92	93	-	99*	165	151	-	-	
大阪	-	-	-	-	-	-	91	-	-	-	-	83	-	-	-	-	-	-	
京都	76	-	50	53	-	-	92	78	-	109	63	77	114	92*	165	162	160	162	
彦根	38	-	24	70	108	-	95	102	108	122	85	82	102	95	125	151	-	-	
尾鷲	-	48	25	-	71	-	88	91	61	107	86	61	86	83	145	154	152	150	
津	39	96	35	89	106	73	93	100	106	117	87	71	99	95	139	159	158	150	
名古屋	61	61	44	81	94	68	90	98	94	116	93	75	-	94*	-	-	-	-	
浜松	41	82	26	75	109	66	92	87	109	111	91	76	95	96	122	164	161	149	
静岡	-	61	-	64	91	-	87	95	97	104	91	72	93	91	127	-	161	-	
高山	95	96	97	107	119	103	105	110	119	128	96	96	124	90	126	167	145	146	
岐阜	57	72	55	69	107	72	91	98	107	116	93	76	-	97*	-	144	-	-	
飯田	79	74	60	88	111	82	96	101	111	117	89	76	92	97	149	172	173	164	

注. * 観測項目欠のもの

第 8 表 (2)

季節 現象 種目 地点	早 春						春								初 夏				
	初 鳴		開 花			平均	ソメイヨシノ ザク		開 花		初 見		初鳴		平均	初 見		開花	平均
	ヒバ	ウグ	ウ	タン	ツバ		開	満	ヤマ	ノダ	ツバ	モン	シ	トノ		サ	ト	ホ	
	リ	イス	メ	ポ	ポ	キ	花	開	ツ	フ	メ	ロ	チ	ヨ	マ	カ	エ	ル	サイ
松本	87	84	82	93	-	88*	102	108	133	123	103	83	121	110	149	177	-		
長野	74	89	83	96	109	90	103	110	124	124	105	92	122	110	176	167	173	173	
甲府	76	61	45	68	78	66	91	96	109	110	89	61	111	95	125	142	-		
福井	82	72	67	105	37	73	96	101	121	120	101	86	110	105	153	162	163	159	
輪島	109	67	75	103	-	90*	99	104	116	124	91	89	100	103	128	176	-		
金沢	78	67	69	95	-	77*	95	100	116	119	91	86	98	101	133	-	167		
富山	75	81	64	95	72	63	99	103	107	123	106	98	98	105	126	159	167	151	
相川	-	61	77	97	65	75*	101	107	122	128	101	95	99	108	132	168	175	158	
高田	85	85	38	110	92	82	99	105	127	127	198	90	103	106	155	163	179	166	
新潟	75	95	54	99	81	81	102	108	123	131	100	91	97	109	134	-	-		
横浜	-	65	36	-	-		87	96	-	126	100	-	-		-	-	-		
大島	-	33	16	44	-		-	-	107	107	104	111	-		161	-	151		
東京	-	-	16	46	22		88	96	109	-	107	89	-		-	-	161		
富崎	65	48	11	53	-	44*	88	95	107	103	98	70	79	91	126	154	-		
銚子	44	51	33	44	62	47	90	98	112	117	91	78	80	95	112	177	152	147	
熊谷	52	68	42	85	76	65	92	99	113	116	92	67	88	95	111	151	159	140	
前橋	42	63	54	85	78	64	92	100	110	117	99	80	111	101	-	161	167		
宇都宮	46	64	61	83	71	65	96	101	115	123	96	73	98	100	130	162	167	156	
水戸	69	61	30	70	11	48	95	101	111	124	95	83	77	98	116	148	168	144	
小名浜	79	68	38	76	48	62	98	104	114	120	91	76	91	98	129	168	173	157	
白河	87	77	72	99	96	86	103	116	124	131	99	91	88	108	129	169	192	163	
福島	86	76	67	92	68	78	100	104	111	122	98	88	99	103	141	170	-		
酒田	75	103	98	114	95	97	105	110	136	128	107	101	104	111	-	178	186		
山形	90	109	91	111	105	101	97	112	126	128	108	94	130	113	156	174	178	171	
秋田	84	94	104	112	97	98	108	116	125	134	94	100	107	112	138	174	169	160	
仙台	85	103	66	98	81	87	102	108	124	128	109	99	109	111	146	174	170	163	
宮古	92	77	98	99	102	94	109	113	129	135	99	99	103	113	183	195	185	166	
盛岡	109	94	104	110	-	104*	113	118	129	138	104	119	102	104	-	179	180		
八戸	103	120	107	115	-	111*	115	119	136	141	105	109	-	102	173	202	-		
青森	85	-	114	118	-		116	122	134	141	91	112	-		-	203	-		
根室	-	-	-	125	-		-	-	-	-	112	146	-		-	-	-		
釧路	105	-	-	131	-		140	143	-	-	-	125	121		183	-	-		
帯広	101	-	128	121	-		129	132	122	-	-	115	-		-	-	-		
浦河	-	-	-	-	-		-	-	-	-	115	-	-		-	-	-		
室蘭	99	111	128	115	-	113*	129	134	138	-	143	124	-		-	-	-		
網走	97	-	-	130	-		-	-	126	-	-	125	-		-	-	-		
稚内	103	119	-	134	-		135	141	144	-	155	121	108	134*	-	-	-		
旭川	-	-	-	132	-		-	-	-	-	-	125	-		-	-	-		
函館	100	-	122	121	-		124	129	149	150	120	131	113	131	197	-	189		
札幌	87	125	115	122	-	112*	125	130	139	147	129	122	-	132*	192	198	-		
平均						70 3月 11日									98 4月 8日				151 5月 31日

第 8 表 (3)

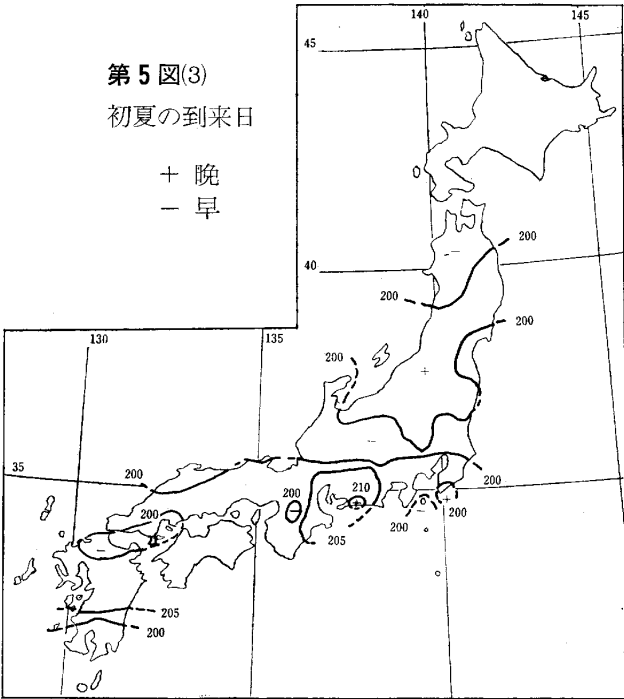
季節 現象 種目 地点	夏				初 秋					秋				晩 秋					
	初 鳴		開 花		平均	初 鳴		開 花			平均	終 見		黄 (紅) 葉		平均	落 葉		平均
	ヒグ ラシ	アブラ ゼミ	サ ル スベリ	平均		モズ	ヤマ ハギ	スス キ	サ ル スベリ	平均		ツバ メ	イチ ヨウ	イロハ カエデ	平均		イチ ヨウ	イロハ カエデ	
種子島	-	186	-	-	264	264	288	-	273	307	-	-	-	-	-	-	-	-	-
屋久島	-	209	-	-	279	-	288	-	-	285	-	306	-	-	-	-	-	-	-
鹿児島	-	207	-	-	261	254	-	-	-	279	-	-	-	-	-	-	-	-	-
宮崎	197	193	-	195*	267	-	-	-	-	280	-	327	-	-	-	-	-	-15	-
大分	214	203	217	211	239	257	259	217	243	295	-	323	-	-	-	-	-	-	-
熊本	-	193	-	-	264	241	-	-	-	-	-	318	-	-	-	-	-	-	-
福岡	-	207	-	-	265	-	-	-	-	285	-	333	-	-	-	-	-	-	-
長崎	205	206	-	206*	279	222	-	-	-	262	-	309	-	-	-	-	-	-22	-
佐賀	-	202	212	207*	278	-	260	212	250*	283	318	333	311	334	-30	-	-	-	-31
福岡	199	197	-	-	315	259	-	-	-	275	304	-	-	-	-	-	-	-	-
高知	-	203	-	211*	264	-	190	218	224*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
宇和島	-	191	-	-	265	-	-	-	-	305	-	-	-	-	-	-	-	-	-
松山	-	193	-	-	265	257	-	-	-	289	329	326	315	-	-	-	-	-	-
高松	-	209	-	-	265	249	-	-	-	265	326	327	305	-28	-27	-27	-27	-27	-27
徳島	-	214	-	-	267	-	264	-	-	259	-	-	-	-	-	-	-	-	-
下関	-	197	-	-	259	242	263	-	255*	-	-	319	-	-	-	-	-	329	-
広島	193	194	-	194*	315	221	252	-	263*	281	324	324	309	-31	-13	-22	-22	-22	-22
岡山	-	202	212	207*	260	-	-	212	-	297	-	330	-	-	-	-	-	-	-
西郷	190	201	-	196	266	246	-	-	-	276	-	331	-	-	-	-	-	-29	-
浜田	193	195	-	194*	269	255	-	-	-	299	302	330	310	322	-27	33 ₁	-27	33 ₁	33 ₁
松江	188	195	205	196	271	214	-	265	230*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
米子	198	195	-	197*	282	250	-	-	-	291	-	322	-	-	-	-	-	-23	-
鳥取	196	195	214	202*	276	236	259	214	248	274	324	323	307	333	-29	-31	-29	-31	-31
潮岬	-	209	-	-	262	-	276	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
和歌山	-	-	214	194	271	264	-	214	249*	-	331	332	-	-24	-22	-23	-23	-23	-23
奈良	198	190	228	214*	260	242	-	-	-	297	-	309	-	-	-	-	-	329	-
豊岡	-	199	-	-	262	246	256	228	247	316	300	316	310	316	-30	326	-30	326	326
洲本	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
神戸	206	211	-	202*	274	238	-	-	-	282	-	339	-	-	-	-	-	-18	-
大阪	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
京都	205	206	-	206*	280	229	-	-	-	272	-	328	-	-	-14	-14	-14	-14	-14
彦根	196	201	-	198*	271	247	-	-	-	296	-	321	-	-	-23	-23	-23	-23	-23
尾鷲	286	216	-	-	266	243	235	-	248*	293	-	333	-	-	-8	-8	-8	-8	-8
津	195	204	222	207	265	232	263	222	251	288	319	319	305	-30	-19	-24	-24	-24	-24
名古屋	-	198	-	-	263	248	-	-	-	-	-	323	-	-	25	25	25	25	25
浜松	-	204	223	214*	263	257	264	223	251	277	309	315	301	-30	324	-30	324	-30	-30
静岡	-	208	-	-	269	248	-	-	-	-	-	340	-	-	-	-	-	-	-
高山	189	192	170	187	269	227	231	170	222	258	301	295	318	321	318	319	319	319	319
岐阜	-	196	216	226*	267	254	-	216	246*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
飯田	187	177	218	201	251	227	232	218	232	264	308	297	323	323	319	321	321	321	321

第 8 表 (4)

季節	夏				初 秋					秋				晩 秋			
	現象		初 鳴	開 花	平均	初鳴	開 花			平均	終見	黄(紅)葉		平均	落 葉		平均
	種目	ヒグ					アプラ	サ ル	モズ			ヤマ	スス		サ ル	ツバメ	
地点	ラシ	ゼ	スベリ			ハギ	キ	スベリ			ヨウ	カエデ		ヨウ	カエデ		
松 本	200	195	-	198*	265	217	222	-	235*	260	300	294	285	317	316	317	
長 野	197	205	219	207	-	218	221	219	219	258	308	308	292	322	325	324	
甲 府	191	199	-	145*	-	193	-	-	-	-	307	315	-	322	331	327	
福 井	-	206	224	215*	276	233	252	224	248	-	-	336	-	-	-	-	
福 輪	186	202	-	194*	255	208	-	-	-	292	315	297	301	-30	325	331	
金 沢	195	198	-	197*	-	225	245	-	-	278	322	316	305	-28	-31	-30	
富 山	203	200	171	191	272	238	-	171	227*	288	325	321	-	-28	-	-	
相 川	193	213	217	208	270	208	241	217	234	262	-	317	-	-	332	-	
高 田	197	196	220	204	-	215	246	220	227*	277	-	316	-	-	334	-	
新 潟	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-30	
横 浜	198	207	-	203*	268	214	-	-	-	253	-	323	-	-	-29	-	
大 島	182	191	-	186*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
東 京	198	203	-	201*	-	-	-	-	-	265	315	315	298	332	-	-	
富 崎	223	205	-	214*	271	266	-	-	-	274	-	323	-	-	-16	-	
銚 子	-	216	-	-	258	-	260	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
熊 谷	196	204	221	207	267	248	257	221	248	-	331	331	-	-27	330	-31	
前 橋	206	204	222	210	293	231	254	222	253	261	317	316	298	-31	-30	-30	
宇都宮	184	195	215	198	244	245	257	215	228	253	315	312	297	328	-26	334	
水 戸	182	205	214	200	239	222	248	214	231	267	312	320	299	-27	-30	-28	
小名浜	189	199	216	201	258	220	254	216	237	277	318	319	305	-29	-27	-28	
白 河	182	201	229	204	257	223	250	229	239	267	316	305	294	330	328	329	
福 島	193	202	-	198*	-	229	-	-	-	278	-	304	-	-	324	-	
酒 田	204	200	232	212	-	238	233	232	234*	267	308	302	292	323	227	325	
山 形	201	200	223	208	-	239	227	223	245*	246	302	313	287	313	323	318	
秋 田	191	196	-	194*	288	216	231	-	245*	246	304	305	285	314	318	316	
仙 台	199	197	-	198*	-	232	243	-	-	248	310	306	288	332	325	329	
宮 古	189	213	-	201*	-	233	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
盛 岡	190	-	-	-	-	-	-	-	-	-	249	289	-	-	302	-	
八 戸	195	205	-	200*	-	-	-	-	-	-	-	297	-	-	-	-	
青 森	-	208	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
根 室	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
釧 路	-	-	-	-	-	224	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
帯 広	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	287	-	-	-	-	
浦 河	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
室 蘭	-	209	-	-	-	226	246	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
綱 走	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
稚 内	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
旭 川	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
函 館	-	-	-	-	-	223	246	-	-	257	296	286	278	369	307	308	
札 幌	-	203	-	-	-	231	-	-	-	-	301	-	-	-	304	-	
平 均				203 7月 22日					242 8月 30日				289 10月 16日			330 11月 16日	

第5図(3)
初夏の到来日

+ 晩
- 早



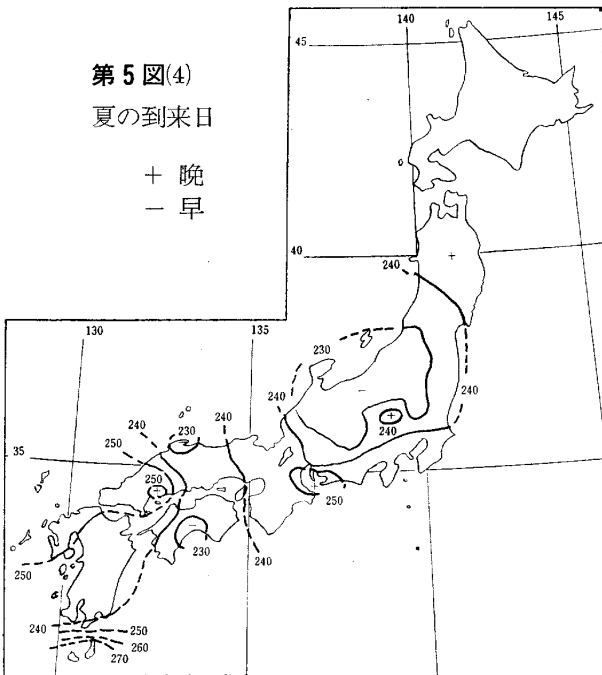
第5図(5)
初秋の到来日

+ 晩
- 早



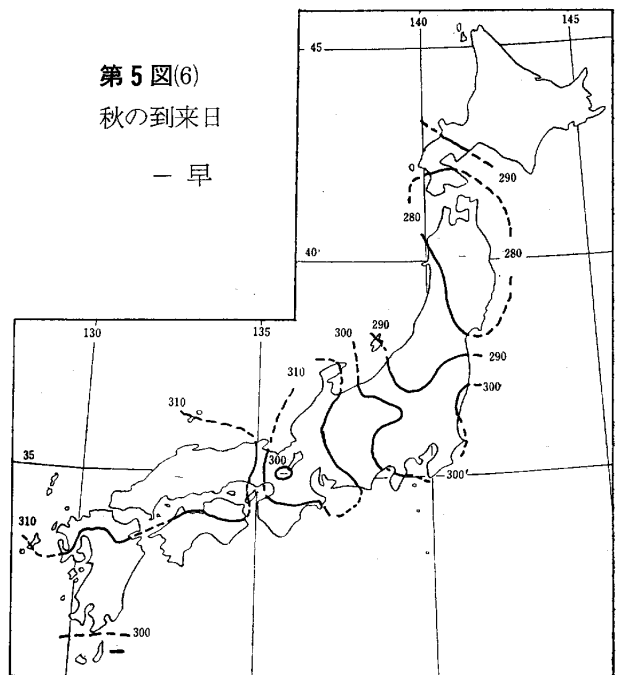
第5図(4)
夏の到来日

+ 晩
- 早

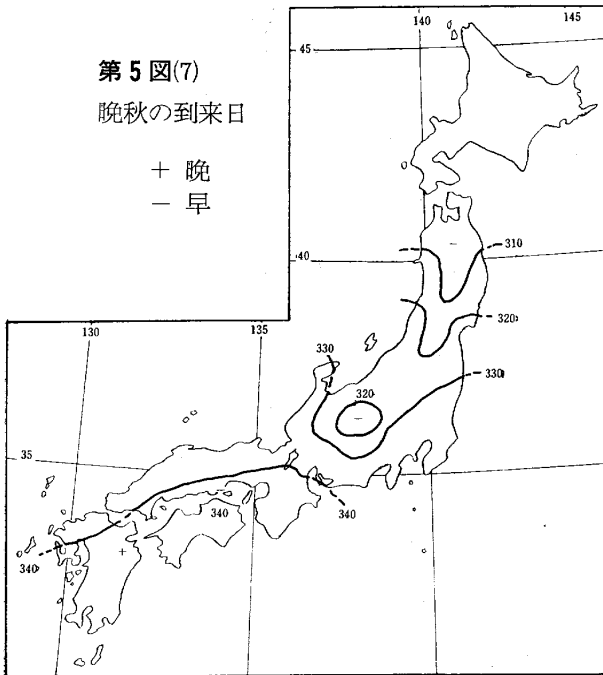


第5図(6)
秋の到来日

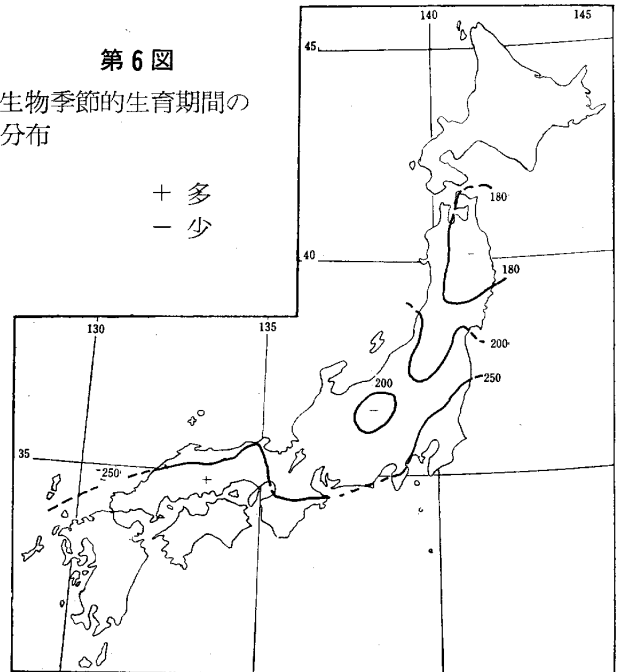
- 早



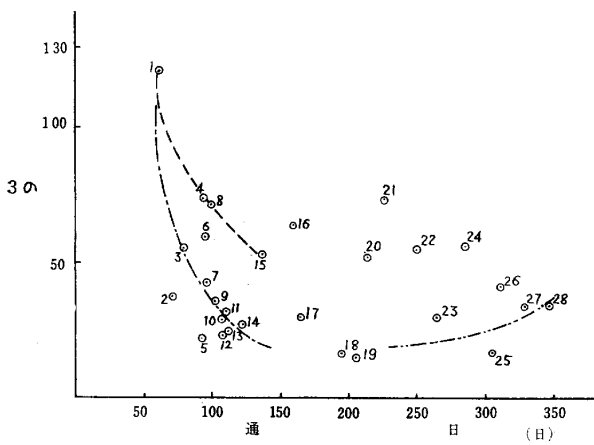
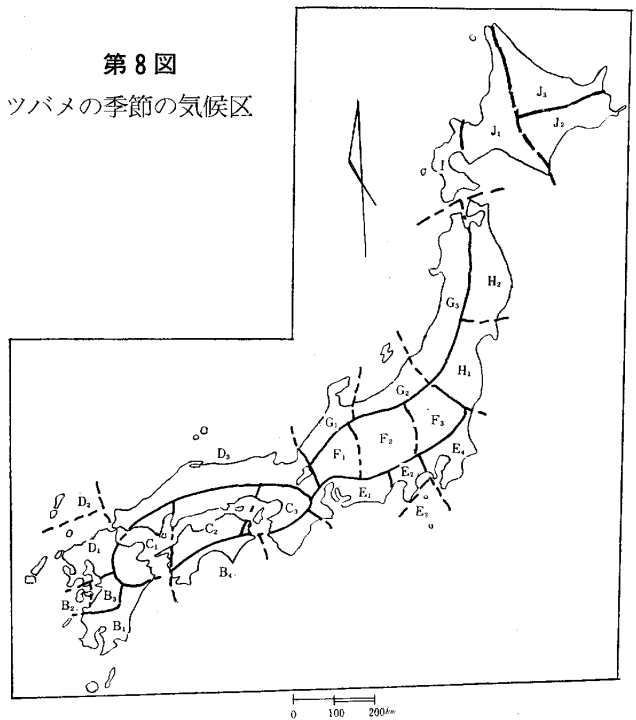
第5図(7)
晩秋の到来日



第6図
生物季節的生育期間の分布



第8図
ツバメの季節の気候区



第7図 出現日と3σとの関係

第9表 生物季節的生育期間と無霜期間との比較

	秋	早春	A	初霜	終霜	B	A-B
	(1)	(2)	(1)-(2)	(1)	(2)	無霜期間 (1)-(2)	
福岡	311	61	250	281	102	179	61
松山	315	62	253	323	97	226	27
広島	309	58	251	328	90	238	13
鳥取	307	71	236	330	99	231	5
豊岡	310	58	252	342	97	246	6
津	305	73	232	330	96	234	-2
浜松	301	66	235	343	70	253	-18
高山	318	103	215	300	65	235	-20
飯田	323	82	241	300	62	238	3
松本	285	88	197	290	73	217	-20
長野	292	90	202	299	65	234	-32
輪島	301	90	211	326	112	214	-3
金沢	305	77	228	323	103	220	8
相川	290	75	215	291	96	195	20
高田	297	82	215	315	117	196	19
熊谷	231	65	266	310	106	204	62
前橋	298	64	234	318	92	226	8
宇都宮	297	65	242	299	120	179	63
水戸	299	48	251	307	116	191	60
小名浜	305	62	243	312	105	207	36
白河	294	86	208	298	64	234	-26
福島	291	78	213	299	89	210	3
酒田	292	97	195	317	115	202	-7
山形	287	101	186	293	78	215	-29
秋田	285	98	187	302	117	185	2
仙台	288	87	201	304	120	184	17
盛岡	264	104	160	289	65	224	-64
札幌	293	112	181	252	70	182	-1

第10表 季節現象の発生日の最早年と最晩年の開きの偏差日数

種目	ヒバリ	ウグイス	ツバメ	ソメイヨシノ		イロハカエデ	
	日	日	日	開花	満開	紅葉	落葉
最早と最晩の開きの日数	36.7	16.5	23.4	13.2日	14.2日	17.2日	18.1日

生物季節の全国平均の発現日の早晩は平年値からのずれによって表示されるが、ヒバリ、ウグイス、ツバメの終日、サクラの開花、満開、カエデの紅葉について13年間に於ける最早の日と最晩の日の開きを全国各地より無作為に10地点を乱数表によって選定し開きを計算すると次ぎの第10表のようになる

大体早春の動物に開きが大きい、春のサクラになる

第11表 ツバメの気候区分とソーンスウェイトの気候区分との対比

ソーンスウェイトの気候区分		ツバメの気候区分
A	琉球	A
B	九州一般	B ₁ , B ₂ , B ₃
C	北九州, 対島	D ₁ , D ₂
D	南四国	B ₄
E	瀬戸内海西部	C ₁
F	瀬戸内海中部	C ₂
G	瀬戸内海東部	C ₃
H	山陰地方	D ₃
I	紀伊半島北東部	B ₅
J	東海地方	E ₁ , E ₂ , E ₃
K	関東地方南部	E ₄
L	関東地方東部	F ₄
M	関東地方北西部	E ₄
N	北信, 木曾地方	F ₁
O	濃尾地方	F ₂
P	北陸および東北地方西部	G ₁ , G ₂
Q	東北地方東部および関東内陸部	H ₁ およびF ₃ の一部
R	東北地方内陸部	H ₂ およびGの山岳内陸部
S	東北地方北部	G ₃ およびH ₂ の北部
T	北海道南西部	I
U	北海道南西部	J ₁ の南部
V	北海道北西部	J ₁ の北部
W	北海道東部	J ₂ およびJ ₃

と減少する。これを今少し明らかに示すために出現日の変動を調べた。そのため通日と標準偏差(σ)の3倍の値との関係を図示した(第7図)。これによると通日150日(5月一杯)までは標準偏差の値は月の経過と共に次第に減少しているが、植物の方が動物より減少の度合いがはなはだしい。また秋より晩秋にかけては、3σの値は次第に増加する傾向がみとめられる。勿論これは種目によって差違がみとめられるのは当然であろう。

また生物気候現象を主体とした生物季節気候区を研究作製中であるが、大体ツバメの気候区と類似性がみとめられる。古い報告ではあるが、参考のために第8図に掲げてみよう。この図は福井の著書(1966)に掲記されているT_{HORNTHWAITE}の新気候区分法による日本の気候区分と非常な類似性が認められる。その状況を第11表に掲げてみよう。

生物季節の観測成果は大気候的性格をおびているので両者が相類似しているのも両者が相類似しているのは決して偶然のことではないと思われる。

つぎに局地気候の指標となる一例を掲げてみよう。都市気候の例として昭和14, 15年両年度の東京都内のサク

ラの開花期の中原の報告(1938)を示すと兩年を通じ都内で開花が最も早かったのは都心部の麹町区(現、千代田区)平河町および三番町の並木で3月29日頃開花し、次に宮城付近を中心とする区域、愛宕山、戸山ヶ原の一角および上北沢の一部は3月中に開花し始め、他はこれ等を中心として次第に遅れを示している。都区内は遅い所でも4月3日頃開花し始めている。何れにしても都心部に早く、これを中心に次第に郊外に行くにつれ遅れる。やはり都市気候の影響であろうが、微気候的な観察は筆者が高円寺の気象研究所で行ない発表のみし未刊であるが、その影響はあらわれている。ツバメの場合は反対で都心に行く程遅れる傾向を示している。たとえば昭和13年、筆者は足立区西新井で4月6日に初見し淀橋区下落合では4月9日、世田谷区代田2丁目では4月10日に観測されている。このように4、5日間のずれがある。これによっても都心程遅れることが分る。

わが国の主要動植物季節

ツバメの去来季節およびサクラの花季節について筆者は詳細に報告(1939)したが、昭和28年の観測改正があり、その後昭和39年、また小改訂が行なわれたので一貫して論ずることは困難である。従って代表的な生物季節の推移の平年値が昭和28年1月に制定された生物季節観測法指針に掲記されているのでこれを参考とされたい。

前章の生物季節暦ではそれぞれの動植物の現象の発現日を第8表に示したので参照されたいが、本章では筆者が以前報告(1939,1940)したツバメおよびサクラの季節は省略し、今回作製した最近13年間の平均値の図を第9図および第10図に引用する。

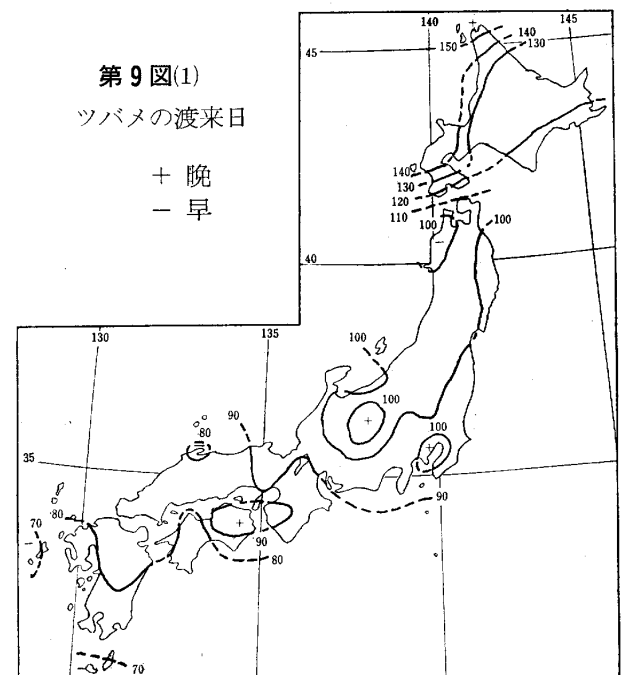
元来、生物季節の各種目の報告は、気象人が観測した生物の種目であるので、誤認や誤報が多い筆者はこれを十分調査検討して報告を作製した。その後、世界大戦という事態の発生によって変動が生じた。またこれにつづく昭和28年および38年の小改訂によって変動を生じたのは当然であろう。第6表は昭和28—41年に至る13年間の成果を掲げたが、ツバメとサクラを一応図示した。しかし大体の傾向では大変動は認められなかった。ツバメの渡来期について明治26年から大正11年の平均渡来日をAとし、大正12年より昭和12年迄の平均値をB、昭和28年より41年迄の13年間の平均値をCとすると、A、B、C、の各資料より、全国的に10地点を乱数表によって無作為抽出したところ、A101日、B101日、C92日という平均渡来日の値を得た。このA、B、C、の3つについて分散の状況と平均値の差の検定を行った。まづ母集団の分散を大体正規分布と仮定し、標本平均は対応のない場合と

してA、B、について分散の分布を調べたがF分布表を用い検出した結果、分散はA、B両値も同一と見做された。その分散は両値の間の有意差は1%以下の危険率で有意差が認められた。BとC、AとC、またAとBについても分散は同一とみなされることが判明したがA・B、あるいはB・C、又はA・C間の差は何れも1%以下の危険率で有意差を認めてよいことがわかった。これはやはり10年間の平均値になると、経年変化の結果が現われているので有意差が認められたのではないかと思われる。ソメイヨシノザクラについても新旧との間の分散は同一とみなし得られ、1%以下の危険率で新旧間の差が認められた。これは一つには観測法の改定に原因するのではないかとも思われる。従って今回は新しいものについてソメイヨシノの開花とツバメの分布図を第9(1)、(2)図第10図(1)、(2)、に掲げたので参照されたい。

動植物季節の地域的な伝播状況

年を通してこの生物季節の伝播状況を明らかにし地域的な場における広がりを考えよう。

まづSCHÜBLER(1830)はイタリアとドイツの季節の違いから春には緯度1度につき、また海拔100mにつき4日の遅れを認め、FRITZ(1886)は経度1度につき4日



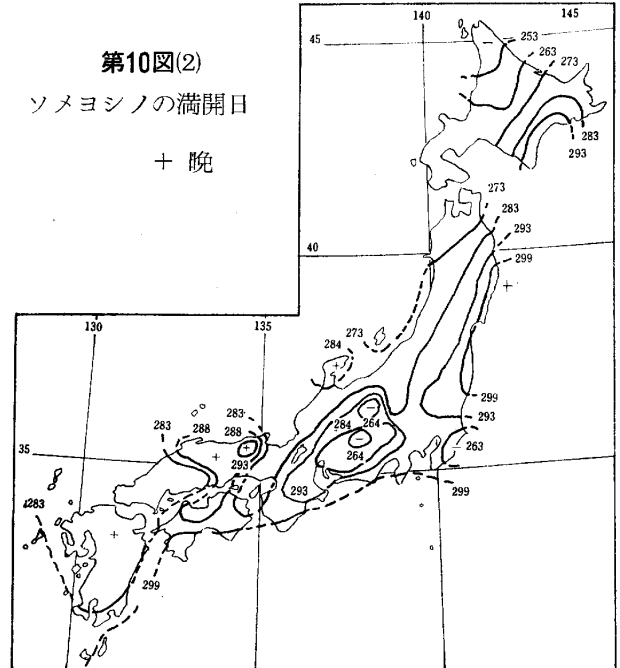
第9図(2)
ツバメの渡去日

+ 晩
- 早



第10図(2)
ソメイヨシノの満開日

+ 晩



第10図(1)
ソメイヨシノの開花日

+ 晩



だけ西の方が早いことを唱えている。HOPKINS (1938) は生物気候の法則を主唱している。この法則によれば、他の条件が等しければ温帯北アメリカにおける生存活動のある周期の変化は緯度1度、経度5度、高度400ftごとに4日平均の割合であって、春期や初夏には緯度は北方に、経度は東方に、高度は上方に向って変る。また晩夏や秋期はその反対である、というのであるが、この法則は全般的にみて大きい適用性はない。なお欧米における等季節線の進行割合を各研究者別にあげると第14表のようである。筆者は動、植物別に等季節線の推移状態を算出し、地上気候特に主として気温に主体性をおいて等季節線の伝播状態を調べた。

動物季節の推移状態に就いて

1) 計算方法

資料は以前の報告(1940)に掲げた値を用い、季節現象として割合全国的なものと思われるもの即ち、鳥類季節ではウグイスの初鳴、およびヒバリの初鳴、ツバメの渡来日、雁の渡来および渡去日、カツコウおよびホトトギスの渡来日、モズ初鳴、爬虫類ではヘビおよびトカゲの出現日、両棲類ではカエルの出現日、昆虫類はモンシ

第 12 表 各 動 物 種 目 別 常 数 表

対 象	a	b	c	d	a の 算 出 日 起 算 月 日	計 算 に 用 い た 場 所 数
ヒ バ リ	9.57	4.54	-0.76	-3.78	Ⅲ 月 1 日	69
ウ グ イ ス	11.87	7.35	-1.16	0.54	〃	103
ガ ン 終 日	21.08	2.08	1.30	4.54	〃	22
モ ン シ ロ チ ヨ ウ	23.65	4.37	0.73	2.20	〃	92
カ エ ル	37.86	1.06	-0.88	1.44	〃	64
ツ バ メ	25.18	4.16	0.17	2.20	Ⅲ 19	122
へ ビ	11.68	2.58	-1.30	5.62	Ⅳ 1	37
ト カ ゲ	-2.74	3.30	-0.55	4.22	〃	36
ハ ル ゼ ミ	38.59	6.79	0.48	-0.09	〃	46
ホ タ ル	32.49	3.65	0.55	2.45	V 1	91
カ ツ コ ウ	17.89	0.57	0.43	-0.14	〃	38
ホ ト ト ギ ス	21.65	1.01	-0.05	-0.07	〃	29
ニ イ ニ イ ゼ ミ	4.95	0.69	-0.28	0.16	Ⅶ 1	81
ツ ク ツ ク ボ ウ シ	9.27	2.05	-0.58	0.68	Ⅷ 1	70
モ ズ	18.61	-1.81	0.65	-1.17	Ⅸ 1	49
ガ ン 初 日	17.79	0.29	0.52	-4.96	X 1	16

ロチヨウの初見日、ハルゼミ、ニイニイゼミおよびツクツクボウシの初鳴日、ホテルの初見日等である。今後、簡便のため頭象の説明は略し、ウグイスと云えばウグイスの初音を聞いた日を表わすことにし、候鳥の場合初日は渡来日を、終日は渡去日を意味する。

これらの季節を前報で4年以上観測値のある場所を全国の観測所より選出し、次式に適用し計算した。今頭象起生日 y を緯度 φ 、経度 λ 、海拔高 h の函数と見なすと、

$$y = f(\varphi, \lambda, h)$$

である。温度の場合にならって岡田の方法(1931)で直線的関係とみなして

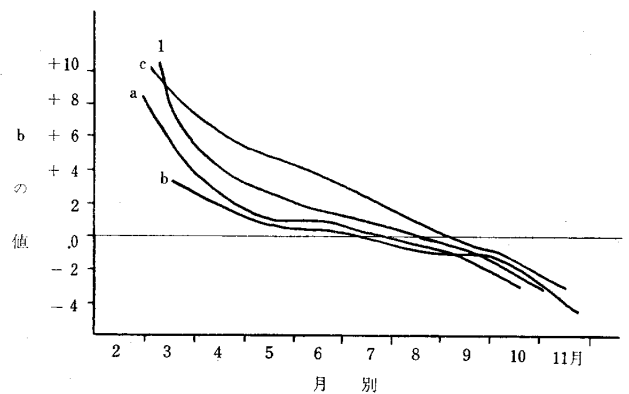
$$y = a + b(\varphi - 35^\circ) + c(\lambda - 135^\circ) + dh$$

とおく。但し原点は $35^\circ N, 135^\circ E$ 、の地点を採用し、北に進むものを正とし、反対に南に進むものを負とした。なにゆえ温度と同様なものを採用したかは前報で季節頭象の発現起日は温度と一番関係があることを述べた(6941)からである。さて φ, λ, h の各々について偏微分を行えば

$$\frac{\partial y}{\partial \varphi} = b, \quad \frac{\partial y}{\partial \lambda} = c, \quad \frac{\partial y}{\partial h} = d$$

となり b, c, d の値は φ, λ, h の変化度を示すものである。 b, c, d の値は一般に正を示すとは限らない。 b の値は HOPKINS の場合と同様、春より夏までは正の符号をとり、晩夏より初冬までは負号を示す。 c, d の値も一定せず、事象によって符号は自ら定まる様である。

次に温度と関係つけて考察するため気温の等発生起日曲線を描いたが、その資料は昭和16年度暦によりまたそ



第11図 b の値の月別変化状況

の方法は岡田(1931)の方法に従って計算した。

2) 計算結果

a, b, c, d の常数を前述の各季節に就いて最小自乗法によって決定した結果第12表を得た。

a は計算上1月1日を起点とする通日として算出せず任意に選んだゆえ、表中の起算月日よりの値である。各季節の常数を算出のため採用した場所数は、4年以上観測値ある所のみであったため割方少くなっている。 b, c, d の各値に就いて吟味すると南北に長く東西に狭大な本土と朝鮮半島の間日本海を擁するゆえ、 c の値は小さいものとなった。 d の値は100米についてのものであるが HOPKINS のような予期の数値は得られなかった。その理由はその頃の季節の特色の現われのためと思われる。

3) 緯度の変化による季節の発現日の変遷

b の値につき少し理論的に考察を進めてみよう。今、

各季節頭象起生日とbの値を併示すれば第11図を得る。横軸に月別値をび描いたもので、0を起点とし上を正、下を負とし±で示し、+は南より北へ、-はその反対の方向に進むものである。(a)は鳥類季節、(b)は爬虫類・両棲類、(c)は昆虫類、Iは全季節の総合曲線である。図によって全国的の推移が判明するものである。大体8月上旬頃までは正の値をとり、同中旬より負を示すようになる。即ち春先の動物季節は南より北に進み旬が早い程進む度合いも大で夏まで旬を追う毎にその程度も漸次遅れ月初め頃には、一度停頓の形となり、それを過ぎると反対の符号、即ち冬に向うにつれ北より南に移り行き、だんだんその度合も大きくなる。この季節の遷移状態はHOPKINSの説の如緯度1度につき4日ずつ春先きは北へ向い、秋には南へ移り変るといような結果には到達出来ななかつた。むしろその変遷状態は緩慢で8月にその進行方向が反対となる様である。

4) 気温の緯度による推移とbとの関係、

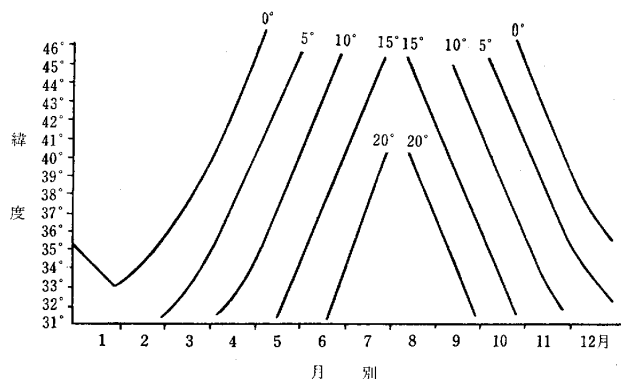
動物季節の発生日の年平均状態を報じたが大体起生日は一定しておりその季節頭象と気温との関係が密接なことは中原の報告(1939.1940)において述べた通りである。今、最低気温を用い論を進めた。前に調査し起生日の最低気温の平均を再掲すれば第3表の如くである。

第13表 各種目別の最低気温

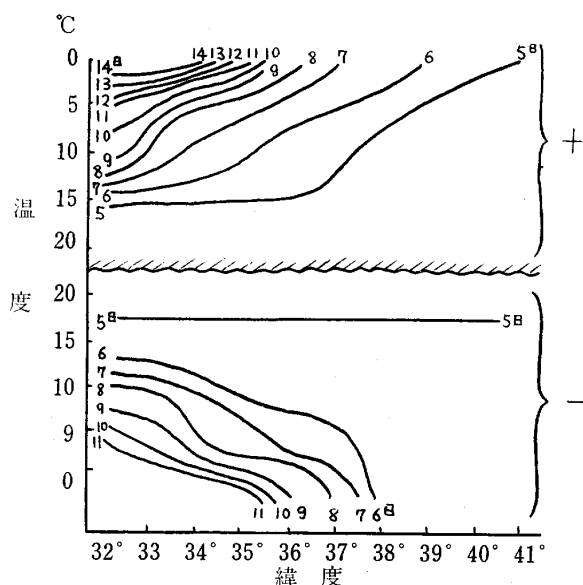
対 象	起生日の最低気温の平均	対 象	起生日の最低気温の平均
コウモリの初日	6.2C	ヘビの出現日	7.6C
ウグイスの初日	3.0	〃 終日	8.2
ヒバリの初鳴日	1.6	トカゲの初日	5.4
モズの高鳴日	18.2	〃 終日	7.3
モズの終日	4.6	カエルの初鳴日	4.9
セキレイの初日	5.9	〃 終鳴日	8.8
〃 終日	8.6	モンシロチョウの初日	3.5
ガンの渡来	8.8	〃 終日	7.0
〃 渡去	1.4	ホタルの初日	15.2
ホトトギスの渡来	10.8	〃 終日	17.8
カツコウの渡来	8.0	ニイニゼミの初日	20.6
〃 終声	17.7	ツクツクボウシの初日	22.2
		〃 終日	15.8

次に鹿児島以地の測候所の最低気温の平均が0°, 5°, 10°, 15°, および20°Cの発生日の初日および終日を算出し図に描き、その推移傾向曲線を示すと等12図の様なものを得た。これらの起生日推移曲線にも一定の傾向が見られる。

この各曲線と各緯度の交点においてこの直線への法線を作成すれば、その傾斜度合即ちdt/dφはその緯度に於



第12図 各最低気温の月および緯度による移行状況



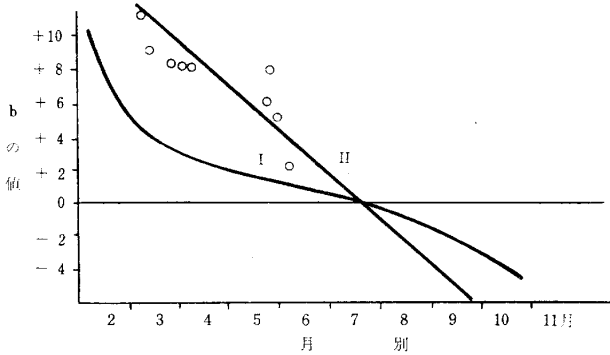
第13図 緯度別各最低温度の移行日数状況

てその温度の伝播する早さを与えるものである。ただし、tは日数を表わすものとする。dt/dφを10箇の曲線について各緯度のものを図示し、5日より6日毎に等日数線を引けば第13図の様なもを得た。

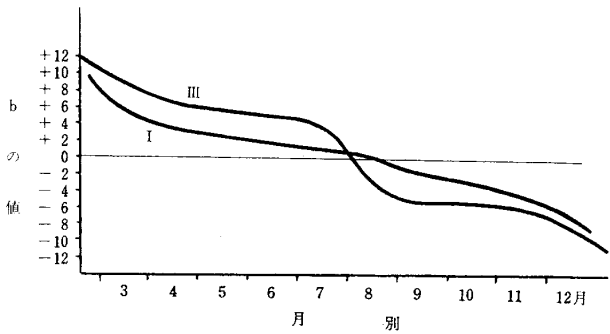
破線より上は初日のもので、下は終日のものである。このdt/dφ図は0°Cの時に大きく15°C以上は大約一定である。また、高緯度に進むにつれその値も小となるし、各温度の終日になればみな負を示している。

正は南より北へ推移することを意味し負はその逆の場合を表わすのである。dt/dφの値は初日に比べ終日の方が遅れる。これを見れば平均伝播状態は緯度の低い方に早く、高くなるにつれ遅れるし、気温も低い方に早く、高い程遅れるようである。

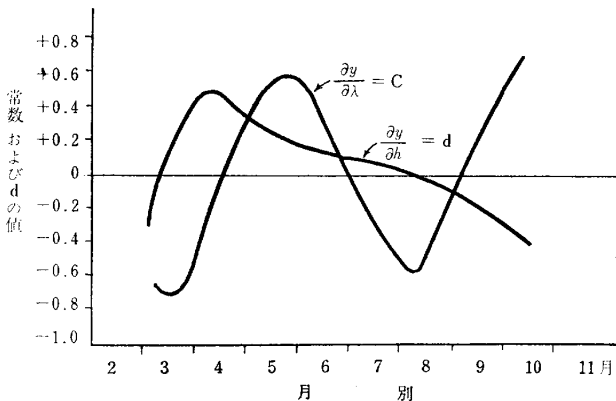
dt/dφとbを比較するため第12表で求めた最低気温の平均値よりその時の温度のdt/dφを第11図にならって描き、その変化状態を見れば第14図を得た。横軸縦軸は第11図に同じであり図中のbのような直線的傾向が得られる。これを第11図のIの曲線と比較するために描いたの



第14図 各動物季節の発理日とbの値との関係



第15図 常数bの値の全国的大概および原点附近における移行状態



第16図 常数cおよびdの月別変化と状況

が第14図のIである。IとIIと比べるとかなりのくい違いが生じていることが判る。次ぎに原点付近における $dt/d\phi$ と I 曲線との比較図を作成すれば第15図の如くであって前と多少のずれが見られる。

5) 緯度および高度による起生日の変化

第12表において各動物季節の $dt/d\phi$ と同時に $\partial y/\partial\lambda$ の値を表わす常数 c, d の値を掲げた。鳥類季節中渡り鳥は渡りの往路に従って進行するゆえ $\partial y/\partial\lambda$ の符号は原則として定まるわけである。次に $\partial y/\partial h$ も季節の動物の種類によって一定している。

$\partial y/\partial y$, $\partial y/\partial h$ と旬の推移状態を第16図に示した。

$\partial y/\partial\lambda$ は早春のものは、モンシロチョウ以外は負を示すから東から西に進む。5月に入れば正となり、真夏に再び負を、初秋にまた正を示す故、丁度正弦曲線の如き変化状態でほとんど一定しない。ただし $\partial y/\partial\lambda$ の絶対値は小さく、最大なウグイスにおける場合においてすら1日位であるから $\partial y/\partial\phi$ に比べたら問題にならぬ程小さい。次に $\partial y/\partial\phi$ も図示の如く初春および晩秋のものは負を示す。その間のものは正である。この場合、高度の正は低い方から高い方へ移り行き負はその反対である。

6) 一般的考察

まづ $y\partial/\partial\phi$ について考察すると日本及びその付近の範囲内では早春より月を重ねるに従い、その伝播率の割合が減少する。晩夏より初冬にかけては負となるのである。最低気温の平均によって算出した $dt/d\phi$ と比較すれば開きが見られる。これは動物季節の伝播と気温の伝播の差を表わすもので相当の開きが見られる。Clark および MARGARY の言の如く、温度、湿度および日照のみならず目立って見えない気候要因の集積して影響した結果である。ためと気温以外のその他の要因が作用しているのであろうと考えられ、考究の余地が十分存在するように認められる。即ち第15図において I と III の曲線の変化の割合は大体似通っているが、I を $f(x)$, III を $\phi(x)$ で表すと $\phi(x) - f(x) = Z$ は上記のことを表現したものである。

気温の推移と動物季節の変遷と、ある程度の相関があるため、Z はおよそ旬別にみる時は一定のようであると思われるが、Z NANENSKII (1924) が HOPKINS の法則を年等温線により、多少変化し応用しても首肯出来るのである。

$\partial y/\partial\lambda$ の変化状態を考察すると、わが国は東西に狭少で南北に長く、東に黒潮が流れ西に対島海流が洗い、北より千島寒流が来り、又朝鮮半島が突出する等、地形的

第14表 生物季節線の推移状況

調査者	年	緯度			高度	
		1°に つき (日)	1°に つき (日)	5°に つき (日)	100m につき (日)	400ft につき (日)
SCHÜBLER	1830	4	—	—	4.00	4.87
FRITSCH	1865~66	3	0.55	2.75	3.05	3.73
I HNE	1893	4	0.9	4.50	—	—
HOPKINS	1887~1915	4	0.8	4.00	3.28	4.00

第 15 表 植 物 種 目 別 常 数 表

対 象		a	b	c	d	aの算出起算 月 日	計算に用いた 場所数
発 芽 期	ヤ ナ ギ	15.10	5.442	-1.340	1.656	Ⅲ 1	29
	カ エ デ	24.47	3.866	1.610	2.573	〃	16
	ク ワ	11.23	4.189	0.041	-0.300	Ⅳ 1	32
開 花 期	ウ メ 満 開	2.64	15.419	-3.132	8.826	Ⅱ 1	55
	ウ ス ミ レ	5.17	11.633	-2.185	2.890	Ⅲ 1	45
	ス タ ン ポ ポ	-0.22	8.596	-0.106	12.366	〃	41
	タ フ ジ	-13.67	7.965	-2.131	2.421	Ⅳ 1	60
	フ シ ャ ク ヤ ク	76.57	3.830	-2.419	-4.619	〃	41
	シ コ ス モ ス	16.49	6.211	1.621	-6.487	Ⅴ 1	35
	コ ソ メ イ ヨ シ ノ	27.25	-13.732	3.476	-3.485	Ⅸ 1	34
	ソ ヤ マ ザ グ ラ	3.88	5.729	-0.162	1.606	Ⅳ 1	110
	ヤ	4.14	4.624	-0.001	2.686	〃	60

にあるいは海流の錯雑する等の現象がみられるから $\partial y / \partial \lambda$ は決定的に東から西へあるいはまた西から東へ推移する等の現象は認められないと思惟される。

$\partial y / \partial h$ も相当論議の余地がある。気温は必ず高度の低い方より高い方に進行するが、動物は生態的にみても必ずしもそうでない。同じ候鳥でも山からふもとへ進むものもあれば、またその逆の場合も識別されるのが動物季節の一特徴であって、その符号は動物により定まるものである。筆者は今までに欧米の諸学者により与えられた等季節線の進行割合を第14表に掲げたが、今回の調査とや、相違点が見出される。この差異こそ日本における動物季節の独自の立場を表徴するものであり、わが国における動物季節の応用方面に重大な役を演ずる。

植物季節線の推移状態について

1) 調査方針

植物季節の等値線の推移条件を算出した材料は多くは野生植物についてである。しかし植物季節は気象的各種要素の総合作用として外部に現われるものであるが、この季節顕象が同様に現われた時には、その場所では同じ気象状態であるという基礎によっており、大気候的の考察結果であることは勿論のことである。また、これらの植物季節線の移行状態の利用は、広く栽培植物にも適用されはしないかと推考されるが、栽培植物には気象以外の人為的要因の作用が大きいことは見逃せない事実であり、その作用に対しては大いにそれ等に付加項目の補正が、重要となって来る。

2) 資料

植物季節の観測に現在用いられている顕象は発芽、開花、成熟、紅葉（黒葉）および落葉の各期である。筆者が本報で選定したものは資料の都合上発芽、開花両期にとどめた。発芽期の材料はヤナギ、カエデおよびクワ、開花期はウメ、同満開、スミレ、タンポポ、フジ、シヤクヤク、およびコスモスで大体、早春の春先、春、初夏、晩夏等の季節顕象のおよその代表的のものとして選定したものである。これらのものの平年値はさきに報じたがこれ以外にサクラの開花期調査および動物季節移行調査の場合の最低気温の推移をも取り入れた。

次に顕象資料中全国的に見て3年以上の平年値について30ヶ所以上の観測値ある場所によって推移状態を考察した。またその植物の生育範囲即ち南北両限界内で、しかも鹿児島県以北の日本全体の緯度、経度内である条件が付されている。今、動物季節の場合にならって顕象起日を y を

$$y = a + b(\varphi - 35^\circ) + c(\lambda - 135^\circ) + dh$$

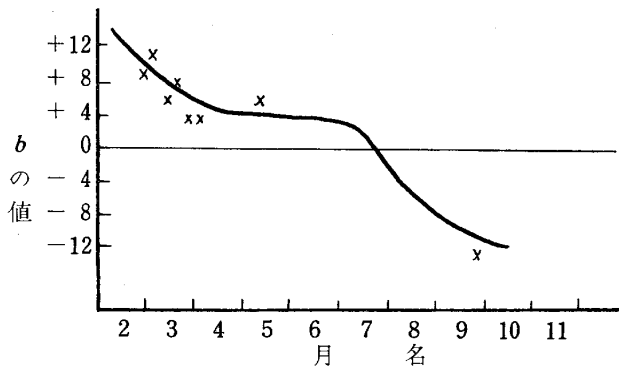
とおく a, b, c, d は常数で顕象別にその値は異なる。今 φ, λ, h の各々について偏微分を行えば、これら b, c, d の値は φ, λ, h による起生日の各々についての推移状態の変化割合を示すものである。ただし、各符号について一言すれば、動物季節と同じである。 b の正符号は南より北へ、負の場合はそれと反対方向に、 c の正符号は西より東へ、 d の正符号は山麓より山頂へ進むわけであって、各逆符号の場合は反対方向に進行する。

3) 計算結果

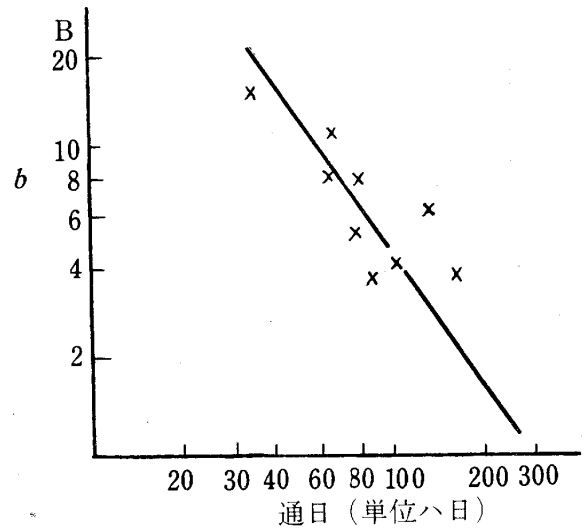
a, b, c, dの各常数を植物の各季節について, 最小自乗法によって計算した結果は第15表の如く示された。
dの値は海拔100m毎の値である。

4) 緯度の変化と季節の発現との関係。

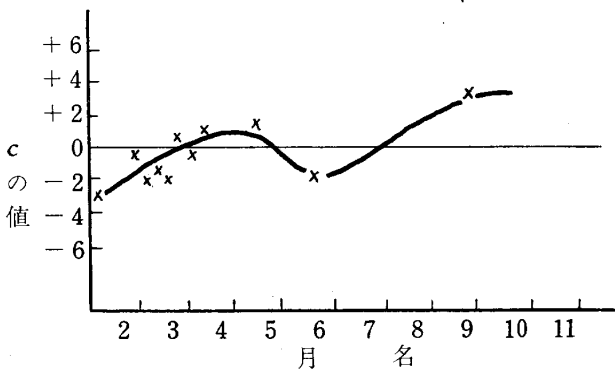
b, cの各値について考察することによろ。横軸に月日を縦軸にb, およびcの値を記入したのが第17, 19



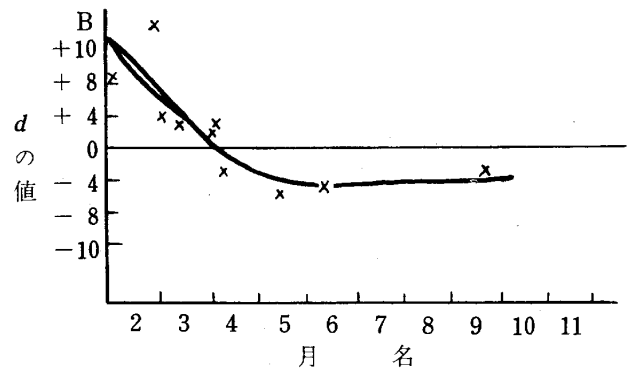
第17図 常数 b の月別変化



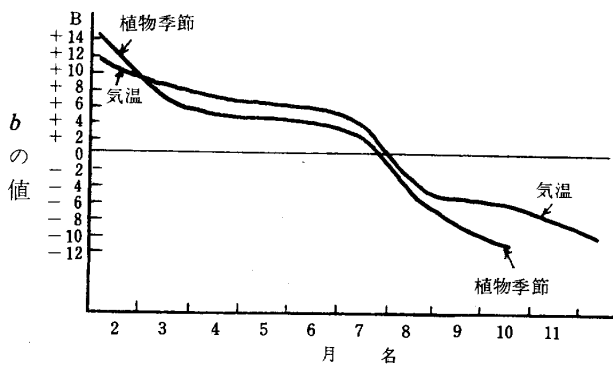
第18図 常数 b の海拔高による変化



第19図 常数 c の月別変化



第20図 常数 d の値の月別変化



第21図 気温と植物季節と常数 b の月別変化

図である。前述のごとく b の場合は南より北へ、負の時は北より南へ進む。 c の値の正は西より東へ、負は東より西への移行を示すものである。図より b の値は6月まで正を示してしおり、9月になれば負を示す。即ち7、8月の何れかに符号の転換期が存在する。その期間は顕象は、乱れて起生することになる。しかし一般の傾向として早春より初夏に進むまでその値は漸次減少し、一時停頓の形をとり再び減少する様である。 b の状態曲線を知るため対数目盛に記入した所、第18図の如き結果を得、大体直線的な過勢にあるのではないかと想像される。同様に c の係数との比較も第19図で明瞭である。春先までは東から西に移行し、4、5月より夏までいずれとも黒白つかず、晩夏より西から東へ移行する様である。以上の理由として日本は南北に細長く、かつ、東西に狭小なため冬期には太平洋岸が日本海側より暖かく積雲もないため東より西に移行するのではないかと考えられ、春より夏まではいずれとも云えない。晩夏に西から東に移行する傾向が見られるが秋、冬のことは明瞭にはいえないが、大体晩夏と同じ傾向がある。

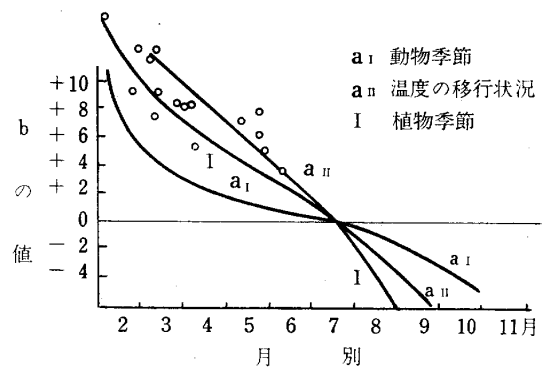
5) 高度の変化と季節の移行との関係。

第20図の d の変化を参照されたい。いずれも b や c 同様に d について描いた。春先までは山麓から山頂へすなわち標高が低い所より高い所へ移るが4月以降は反対の現象を呈する様である。しかし d の数値は早春の方が大きく春先の方が小さい。これより早春には早く山頂に移行し、Hopkinsの唱えるような100mに付き3日という値よりはるかに大きい。晩春より晩夏、或いは初冬まで同様の傾向が認められるであろうがいつでも山頂より山麓へと進行する。

6) 気温と等移動線と b との関係

さきに報じた動物季節の等季線の移行中でのべた気温項目と同じである。

$dt/d\phi$ と b の係数を比較するため原点付近におけるそ



第22図 常数 b の値と月別気温と動植物季節の関係

の値と b の係数を対比するため、第21図を描くと明らかであるがいくらかのずれが見出される。図には植物季節線の移行値および気温のそれを表わしている。

7. 動、植物季節に於ける b の値の対比。

第22図を参照されたい。この図に於て I は植物季節の場合の b の値の季節による変化度合を示すもので、第14図のものと同一である。 a_1 は動物季節の場合の b で、 a_{11} は b の値の進行度合を気温の場合に換算した理論的な数値である。

これらを見れば動植物季節よりも植物季節の方がはるかに気温や理論的の値の推移に近接しているのを知ることが出来る。

8. 一般的考察

以上を簡単に考察して見よう。早春より月を重ねるに従って植物季節の b の値は小さくなるが気温の伝播率と比較して見ると、早春には気温のそれよりも若干小さくなる。このことは植物季節の b の変化の特徴を最も良く表わしている様である。早春の値は気温の移行よりもむしろ気温の急変によって移行しはしないと思われる。即ち時々早春の日中高い気温を示すことがあり、その時著しく顕象の進行を促進させる傾向があることを知るのであって、我々がウメの場合、よく観察される事実である。春になればその推移も著しく安定性を増加させるため、あるいは気温より遅れるのではないとも思考されるが CLARK および MARGARY の言の如く (1922—1929) “温度、湿度および日照のみならず目立って見えない気候要因の集積して影響した結果である。とも考察される。晩夏より初秋になれば、早春と同じ結果に作用するのであるが大分くい違いがある。

しかしながら一番興味深く見られる事実は海拔高との関係であろう。3月より以前は山麓から山頂へ、それ以降は山頂から山麓へと移行する。動物季節の場合と比較すれば植物は静的であるか割合規則的に排列されてい

る。次に考察すべきは経度との関係である。北米では東西にも相当広いため西より東へ何れの場合も移行する様である。しかし、わが国では狭長であり、それだけ期間的にみて移行の相違を来たすだけの地域的余裕がないのではないかと思考されるが、計算の結果は第19図の如く現われた。勿論このことは、黒潮や千島寒流の影響の結果も現われているためであろう。しかし、日本における季節の緯経度、海拔高度別の季節的変遷状態は局地気候に影響され、独自の立場を表徴する様である。

要 約

季節学は気候学の1分科であるが、その広義の定義は地球各地における自然界に及ぶ気象の影響を研究する学問であるが、季節学で対象として取り扱われているものは有機、無機の物体现象である。とりわけ動、植物などの生物界に季節的に起きる現象が主な対象とされ生物季節現象の名でよばれている。これらの季節現象は、以前から実用面にもかなり利用されていたが、欠点として観測値が相当多い地域でなければ多くの資料が得られない。また熱心な観測者がなければ、正確な資料も得られない。わが国において、観測網は相当緻密であるので多くの資料が集められているが、取りまとめられたものは非常に少い。本論文の目的は欧米諸国の動植物現象の研究概観と、わが国における観測の変化状況および最近の資料によって年間の生物季節暦、および暦線図を研究し、またこれと平行して等季節線の推移状況を主体として研究したものである。

わが国の生物季節の観測の歴史をたどってみると、久保田氏の明治13年に刊行された *Smithsonian Miscellaneous collection* (1972年刊) の訳の観測法がみられるがその後、明治19年始めて気象観測法に取り上げられ、その後幾多の観測法の改正でも、余り急激な改変は認められなかった。しかし昭和28年始めて大改正が行われ、その実施の結果昭和39年1月に小改正があり現在に及んでいる。研究および観測は現在のところもっぱら気象関係者に限定されている観がある。

一年間の生物季節暦について IHNE はよくまとめて報告している。筆者は欧州のものと対比のため1966年公表の改正後13年間の平均値を利用し、各生物季節の各種目の出現日が温度と関係が密接であるので、全国的な平均値と推計学を使用し、乱数表を用いて各種目の年平均値および変動を計算し、また出現日と温度その他の気象要素を算出し、出現日の温度を温度線図中に記入したところ、温度的各集団の位置づけによって、早春、春、初

夏、初秋、秋、晩秋の七季節を設定し、各集団に属する各種目を選定し、各種目の地点別各季節を表示し、地理的に等発生起日線を通日で図示した。また生物の活動期間を求めたが、その根拠として初春より秋までの期間とした。晩秋は大体初冬と時期的に大差はないので、初春の起日より秋の起日までの期日をもって活動期間すなわち、生育期間と定め、これを無霜期間と比較したが、北日本や中部山岳地域では無霜期間の方が生物活動期間より多い傾向が認められるが、暖地では生物活動期間の方が多かった。

わが国の生物季節を基盤とする気候区は目下研究中有るが、ツバメの気候区と類似した成果が推考されたが、これが大気候的気候区分のための THORNTHWAITTE による新区分法による日本の気候区分と偶然にも似通った地域区分が得られた。

わが国における主な生物季節の代表として最もよく研究されているソメイヨシノの開花、および満開と、ツバメの去来季節の最近13年の平均値を図示した。またツバメについては大正時代、昭和初期および最近の各年平均値を推計学を利用し、その分布状態を検定したところ、全国的にみて、その分布の状況には変りはないが平均値では危険率1%で有意差が認められた。これは季節現象の経年変化の結果にほかならぬものと推考された。

生物季節の地域的な伝播状況、すなわち等季節線の推移状況についても、諸外国における研究も多いが、わが国のものを動、植物の各種目別に計算した。式として出現日 y 、緯度 φ 、経度 λ 、海拔高 h とし、原点を $35^{\circ}N$ $135^{\circ}E$ におくと、 y は

$$y = a + b(\varphi - 35^{\circ}) + c(\lambda - 135^{\circ}) + dh$$

として現わされる。 a 、 b 、 c 、 d の各常数を求めた。また生物季節現象には温度と最も関連が深いので温度を元として最低気温の進行状況と季節線の状況との対比のため、 0° 、 5° 、 10° 、 15° 、 $20^{\circ}C$ などの各最低気温の緯経別移行状況と常数 b 、 c 、 d の月別状況とを対比し、また欧米の研究者の成果ともくらべたが、その成果との間にかかなりの違いがあることが認められた。この原因を考察すると地域に見ても緯度的に南北の開きが大きい、これに反して経度的にはそれ程巾はなく、その上、東側に黒潮、西側にその分流の対島海流の暖流が流れているのがその原因かも知れない。要するにわが国のおかれている生物季節の特徴ではないかと思う。

以上、要するに生物季節について概要のみにわたって論じてきたが未解決の問題が非常に多い。これまでの観測は気象庁関係の官署付近で測られたものが多い関係上、その性格として大気候的なものに限定されているが、それだからといって局所気候や小気候の研究、ある

いは微気候的な方面の研究も不必要ということはなく、また、将来この方面の研究もまた応用気候的な面からみて大切なことでこれらの研究は今後の課題として残されている。

このような、資料は、日本全国という広地域で多年に亘る観測成果と多人数の協力とたえまない労苦がなければ研究や調査は不可能である。此処に改めて岡田、藤原両先生を始め気象官署や多くの気象人に謝意を表さねばならない。また恩師鈴木清太郎博士を始め指導をあおいだ諸先輩と同僚に感謝し、特に先輩の気候学の先覚者の福井英一部博士に対し深心な謝意を表さねばならない。

文 献

- 1) CANDOLLE, A. De (1855) : *Geographie botanique raisonnee* [Paris] : 1365. 2vols (cites 18 30 paper) .
- 2) CLARK & MARGARY & others (1922-1929) *Reports on phenological Observations in the British Isles Journ. Roy. Met. Soc.*
- 3) 中央气象台 (1925) : 気象雑纂, 3-3 : 67-79
- 4) — (1930) : 気象雑纂, 4-3 : 145-378.
- 5) — (1930) : 気象雑纂, 5-1 : 1-98.
- 6) — (1931) : 気象雑纂, 6-1 : 155-254.
- 7) 中央气象台 (1940) : 測候時報 11 : 157-160
- 8) 中央气象台 (1954) : 生物季節観測法指針.
- 9) FRITSCH, K. (1886) : *Sitzungsber. K. Akad. Wien* 53264-301.
- 10) FRITZ, k. (1886) : *Sitzungsber. K. Akad. Wiss. Wien* 53 : 264-301.
- 11) HOFFMANN, H. (1881) : *Petermanns Geograph. Mitt.* 27 19-26.
- 12) HOPKINS, A. D. (1938) : *Bioclimatics. U. S. Dept. Agr. Misc. Publ.* 280.
- 13) 福井英一郎 (1938) : 気候学, 古今書院, 東京.
- 14) — (1966) : 自然地理学, 朝倉書店, 東京 : 73-76.
- 15) *Institute Meteorologique de Pologne, - Bulletin Meterologie et Hydrographique.*
- 16) 影井剛介 (1930) : 気象雑纂 5-1 : 99-100,
- 17) 気象庁 (1968) : 産業気象年報 66年度. 87-101.
- 18) 中原孫吉 (1938) : 天気と天候, 5 : 337-338
- 19) — (1939) : 中央气象台産業気象調査報告 6-3 : 209.
- 20) — (1940) : 中央气象台産業気象調査報告 8-2 : 129-242.
- 21) — (1941) : 気象集誌 II, 19 : 9-17.
- 22) — (1941) : 気象集誌 II, 19 : 325-380.
- 23) — (1941) : 気象集誌 II, 19 : 436-441.
- 24) — (1942) : 日本の動物季節, 朝日新選書 6 東京朝日新聞, 東京 : 50-61.
- 25) 岡田武松 (1931) : 地理学評論, 7-4, : 306-318.
- 26) *Pfenological Report (1938) : Quart. Jour. Roy. Met, Soc.* 64 : 136-198.
- 27) REAUMUR, R. A. F. De (1735) : *Acad. Roy. De Sci. Paris* : 737-754. (publ.1739) .
- 28) ROZENKRANZ, R. H. (1951) : *Grundzug den Phenologie. Wien.*
- 29) SHOW, R. H. (1967) : *Ground level climate-ology A. A. S. Publ.* 86.
- 30) SHELFORD, V. E. (1930) : *Lavoratory and Field Ecology* : 4-5.
- 31) SCHMIDT, R. J. (1926) : *Nature* CXVIII : 119-120.
- 32) SMITH, H. F. (1938) : *Quart. Jour. Met. Soc. Vol.* 64 : 23-43.
- 33) SHUBLER, G. (1830) : *Flora oder Bot. Ztg.* 13 : 353-368.
- 34) 田中波慈女 (1932) : 興林会叢書 7, 興林会東京, 254-255.
- 35) 築地宜雄, 影井剛介 (1930) : 気象雑纂 5-1
- 36) WHIT, G. (1789) : *The Natural History of selborne.*
- 37) WETMORE, A. (1926) : *The Migration of Birds. Cambridge Mass.i*
- 38) ZNANENSKI, A. V. (1924) : *Bull. Ent. Poltava Agr. Exp. Sta* 3. 27.