

季節現象の観測と気候の解明への応用

河村 武*

1. まえがき

われわれはウメの花が開くと早春の訪れを知り、野山にサクラが咲くと春たけなわという。スキの穂が出て、コオロギの声を聞くと初秋の到来を感じ、木々の葉が黄や紅に色づくとも秋の終りが近いと思う。温帯地方は春夏秋冬の季節が明らかなことが、気候の特徴の一つといえるが、とりわけ日本人には、このような生物季節に基づく季節感が、昔からなじみ深いものであった。

わが国では近年になって、都市化や農作物のハウス栽培・魚の冷凍などの技術の進歩によって、季節感が失われ、季節現象に対する人々の関心が薄らいで、気象学でも季節学の研究が少なくなった。しかし、身のまわりの自然に目を向けることは、学校教育ではとくに重要であるし、また、季節学の研究には、今日的意義も存在すると思う。そこで、季節学の研究の中で比較的なじみの深い分野として、季節暦・小気候研究・気候変化の研究の三つをとり上げて展望を試みるとともに、新しい季節学の研究の動向にもふれることにした。

2. 季節学の流れ

季節学は、いろいろな季節現象の生起の地域差、年々の変動、季節現象に対する気象・気候の影響を調べる学問分野であるが、狭義には、植物季節・動物季節などの生物季節(学)を指すことが多い。後述するように、わが国だけでなく、英国やドイツなど気象官署で古くから生物季節観測を行なっている国は少なくない。季節現象の観測の歴史は古く、最初の観測所は、1490年にポーランドのクラコウ・アカデミーによって設立された。しかしその観測記録は残っていない。英国では1736年に、Marshan がノーウィッチの近傍で観測を始め、今日まで続いている。その種類は、ユキワリソウ・アネモネ・

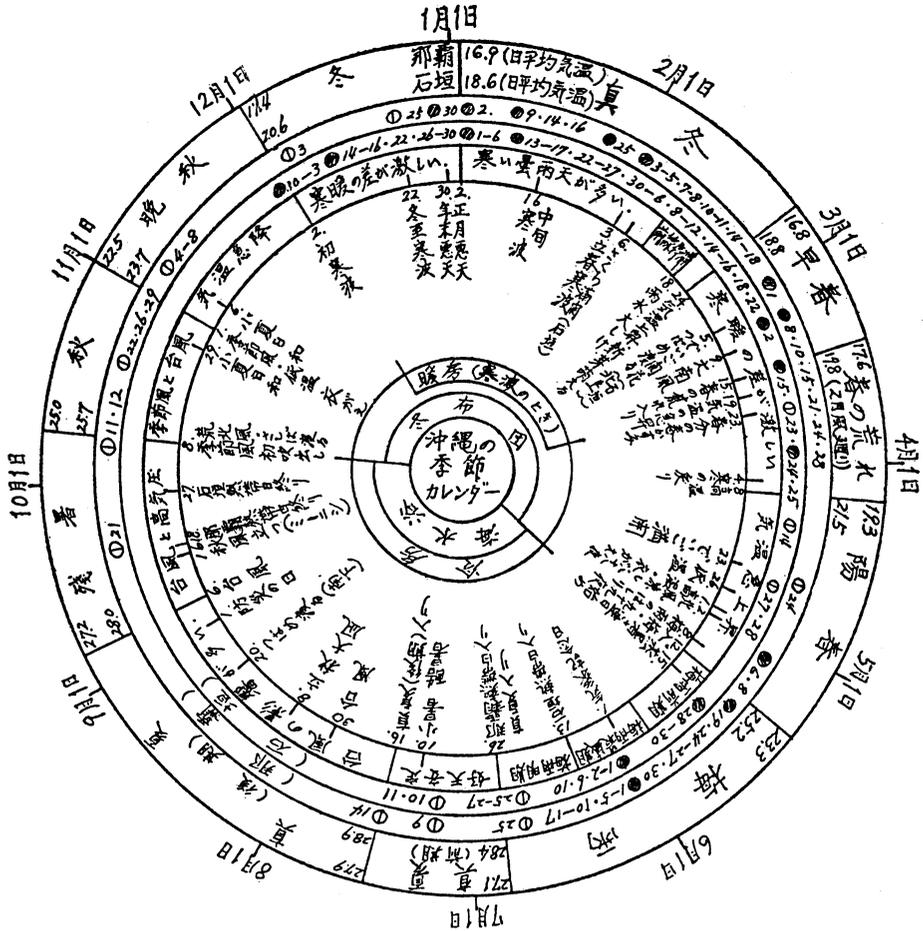
サンザシ・チューリップの開花、サンザシ・スズカケ・カバ・ニレ・ナナカマド・カシワ・ブナ・トチノキ・ライム・カエデの発芽、ツバメ・カッコウ・ナイチンゲールの渡り、チョウの出現、カエルの初鳴、ツグミやジュズカケバトの啼鳴、ミヤマガラスの巣ごもりである。この期間の生物気候観測資料は、英国気象学会で入手できる。1780年にはヨーロッパに国際的観測網がつくられ、その後各地で季節観測が行なわれた。20世紀はじめ頃までの主なものを挙げると第1表ようになる(Hopp, 1974)。生物季節観測網には日本のように国設のものほか、私設のものがあり、ドイツ・オーストリア・ポーランド・スペイン・アルゼンチン・米国・英国などは前者で、ノルウェーなどは後者に属する(英国には王立気象学会の関連組織がある)。前者は気象官署で観測を行なっているものが多いが、篤志家の協力によって運営されているものも多く、今日では米国気象局は6,000人、ドイツは10,000人の協力観測者を持っている。このように多人数で広域の観測をするとなると当然のことながら、観測方法を整備する必要が生じる。わが国では気象庁で生物季節観測指針が作られているが、国際間の協調も必要で、すでに1935年にはダンツィヒ(現在のポーランドのグダニスク)でIMO 農業気象委員会による季節観測法の基準化の国際会議が開催された。

季節学の研究は、わが国では1930年代から40年代にかけて、とくに活発に行なわれ、かなりの数の単行本や論文が発表された。たとえば、大後・鈴木(1947):日本生物季節論、大後編(1947):日本農業気象図便覧、中原(1948):季節現象などはその例である。しかし、その後、気象学や気候学の時流の変化で、この種の研究は、ひとりに比べると非常に少なくなった。現在では、これらの書物は絶版となっている。わずかに、大後(1961):季節の事典が入手可能なほか、比較的新しいところでは、Yoshino(1974)が、わが国における農業気

* Takeshi Kawamura, 筑波大学地球科学系。

第1表 20世紀はじめまでの主な植物季節観測 (Hopp, 1974).

Period	Originator/Agency	Country/Region of Observations	Comments
1750	Linnaeus (1751)	Today's Sweden	Network of 18 sites
	Stellingfleet (Ihne, 1884)	Stratton, Norfolk, England	Published Floral Calendar (1755)
	Spruengli (Pfister, 1972)	Switzerland	Carried out over 4000 plant and animal observations, and precise observations of snow and frost phenomena (1759-1802)
	Scapoli (Ihne, 1884)	Today's Yugoslavia	Published Calendarium Florae Carniolicae (1762)
	Soc. Meteor. Palatina (1781-1792) in Mannheim, Germany	Europe	First international meteorological and phenological network established (1780)
1800	Haenke (Ihne, 1884)	Czechoslovakia	Published Beobachtung der Bluetzeiten in Prag (1786)
	New York Agri. Soc. (Abbe, 1905)	United States	Call for phenological observations (1807)
	Comm. of General Land Office (Abbe, 1905)	United States	Call for phenological observations (1817)
	Regents of Univ. of New York (Abbe, 1905)	United States	Call for phenological observations (1820)
1850	Quetelet (1849)	Europe	80 stations established in Belgium, Holland, Germany, Italy, France, England, and Switzerland (1839); data available for 1841-1872
	Fritsch (Schnelle, 1955)	Austria	Austrian Central Inst. for Meteorology & Magnetism instructed meteorological observers in making vegetation observations (1853)
	Hough (1864)	United States	Network organized by Smithsonian Institution. Observations on plants, birds, and insects (1851-1859) by 320 observers in 33 states; 86 plant species, including a few cultivated fruits
	Mikesell (Smith, 1915)	Wauseon, Ohio, USA	Records on native and cultivated plants (1873-1912)
	Hoffmann (1881)	Central Europe	First phenology maps
	Hoffman & Ihne (1882)	Central Europe	Appeal for first open flower date on 22 species, plus first ripe fruit date on six of them
	Ihne (1883-1941)	Central Europe	Published annual observations of 100-site network for 59 years
	Ihne (1884)	Germany	History of plant phenological observations for Europe in the 18th and 19th centuries
	Ihne (1885)	Central and Northern Europe	First time a single species used (<i>Syringa vulgaris</i>) at 500 sites
	Forestry personnel (Witterstein, 1971)	Germany	Forest-phenological network of 240 stations (1885-1894)
1900	Abbe (1905)	Europe	Account of 19th century phenologists, including Quetelet, Fritsch, Linsser, and Hoffmann
	Ihne (1905)	Central Europe	Published "Phenological map of beginning of spring in Central Europe."



沖縄の季節区分	1月2日	真冬の入り	7月16日	真夏(後期)入り
	2月24日	早春の入り	9月6日	残暑の入り
	3月15日	春の荒れ入り	10月8日	秋の入り
	4月8日	陽春の入り	11月1日	晩秋の入り
	5月12日	入 梅	12月2日	冬の入り
	6月26日	真夏(前期)入り	5月1日	制服の衣がえ
			11月1日	

(注1) 天気：外周是那覇の、内周は石垣の分を示し、天気記号の右隣りの数字は暦日を示す。

①は晴、②は曇、③は雨

①の日とは、②が25%以下で、①が②の2倍以上の日。

③の日とは、①が25%以下で、③が①の2倍以上の日。

(注2) 熱帯日とは最高気温が30°C以上の日、熱帯夜とは最低気温が25°C以上の日、その入り、終わりは継続して起こる期間を示す。

(注3) 円内の数字はその月の日を示す。

第1図 沖縄の季節カレンダー(北村, 1972)。

第2表 各地 72 候 (藤原, 1937; 日下部, 1954).

	72候略日付	札幌	秋田	東京	福岡
冬至	1月1—4日		降雪次第に盛となる	ミカンみゆる	
小寒	5—9日	河川氷結	寒気厳	セリ出盛る	ニワトコ発芽
	10—14日		スキー盛になる	水道弱し	
	15—20日	北東海岸に海氷	雪おろし初まる	電圧低下	白梅咲く
大寒	21—25日	気温最低	吹雪襲来	気温最低	紅梅咲く
	26—30日	氷下魚釣り	列車時に延着	白梅咲く	アセビ咲く
	31—4日		雪路埋・交通困難	スイセン咲く	気温最低
立春	2月5—9日		極寒	気温昇りはじめる	ヒバリ鳴く
	10—14日		河水著しく減少	ツバキ咲く	ツバキ咲く
	15—19日		二度目の雪却始まる	フキノトウ出る	カイドウ発芽
雨水	20—24日	積雪最深	極寒終結	ウグイス鳴く	ミミズ出現
	25—28日		日光時に雪面麗	ヒバリ鳴く	チンチョウゲ咲く
	3月1—5日		降雪衰へる	気温昇り春となる	ネコヤナギ咲く
啓蟄	6—10日		白鷺現る	ストーブをしまう	ウグイス鳴く
	11—15日	フクジュソウ咲く	堅雪	アブラナ咲く	結氷まれとなる
	16—20日	最高気温 0°C 越す	雁北行す	モンシロ蝶出現	降雪まれとなる
春分	21—25日	ネコヤナギ咲く	道路上現る	雪・氷まれとなる	ツバメ渡来
	26—30日	なだれの危険多し	雲雀空高鳴く	モモ咲く	最低気温 5°C 越す
	31—4日	ニシン漁始まる	蛙鳴く	ソメイヨシノ咲く	ソメイヨシノ咲く
清明	4月5—9日	ヒバリ鳴く	雛菊開花	汲置水ぬるみ始む	クワ発芽
	10—14日	根雪消ゆ	柳発芽	ツバメ渡来	ヤエザクラ咲く
	15—19日	最低気温 0°C 越す	一重椿開花	ヤエザクラ咲く	ツツジ咲く
穀雨	20—24日	雪まれとなる	鶯鳴く	アマガエル鳴く	トンボ出現
	25—29日	ストーブをしまう	ツバメ来る	冬服をぬぐ	フジ咲く
	30—4日	水稻播種	蛇現る	天気はぼ安定夏型	ハルゼミ鳴く
立夏	5月5—9日	じゃがいも播種	紋白蝶舞ふ	カ出現	麦類出穂
	10—14日	豆類播種	山吹開花	あわせをセルに	水稻播種
	15—20日	最低気温 5°C 越す	郭公鳴く	ハリエンジュ咲く	コガネムシ出現
小満	21—25日	ウメ咲く	桐開花	カッコウ鳴く	麦類収穫
	26—30日	ホトトギス鳴く	金蠅出る	セルをひとえに	ひとえを着る
	31—5日	ヤマブキ咲く	蜻蛉飛ぶ	ホタル出現	ウメの実みのる
芒種	6月6—10日	フジ咲く	蚊現る	入梅	入梅
	11—15日	トンボ出現	柿開花	夏服をきる	最高気温 25°C 越す
	16—21日	水稻田植	螢現る	かやを吊る	ひとえをゆかたに
夏至	22—26日	アヤメ満開	黄桃成熟 (黄王種)	アジサイ咲く	水稻田植
	27—1日	ニイニイゼミ鳴く	蟬鳴く	ひとえをゆかたに	イナゴ出現
	7月2—6日	オウトウみのる	グラジオラス開花	ニイニイゼミ鳴く	大豆播種

	72候略日付	札幌	秋田	東京	福岡
小暑	7—11日 12—16日 17—22日	タチアオイ咲く 道東地方海霧濃し キキョウ咲く	百合開花 山鳩現る 西瓜開花	ヒマワリ咲く アブラゼミ鳴く 梅雨あける	ヤマユリ咲く 最高気温30°C 越す 梅雨あける
大暑	23—28日 29—2日 8月3—7日	コスモス咲く アブラゼミ鳴く ツクツク法師鳴く	茄子成熟 スイッチョ鳴く ハタオリ鳴く	サルスベリ咲く ナデシコ咲く 気温最高	サルスベリ咲く 気温最高 コオロギ鳴く
立秋	8—12日 13—17日 18—22日	気温最高 水稻出穂 ハギ咲く	桃成熟(天津種) リンゴ成熟 野菊開花	コオロギ鳴く スイレン咲く 気温降り始む	ナデシコ咲く 水稻出穂 ナンみのる
処暑	23—27日 28—1日 9月2—7日	ユリ咲く コオロギ鳴く サケ漁始まる	鈴虫鳴く 浜菊開花 萩開花	ゆかたをひとえに 台風去来 コスモス咲く	オミナエン咲く 最高気温30°C 下る ゆかたをひとえに
白露	8—12日 13—17日 18—22日	ツバメ渡去 リンゴみのる 水稻収穫	秋アカネ出 鴨来ル コスモス開花	秋りん始まる 夏服をぬぐ かやをしまう	セキレイ渡来 ハギ咲く モズ鳴く
秋分	23—27日 28—2日 10月3—8日	豆類収穫 馬鈴薯播種 初霜	栗成熟 葡萄成熟(デラウエア種) 鷹現る	ひとえをセルに セキレイ鳴く ツクツク法師鳴終	カキみのる 最高気温25°C 下る ザクロみのる
寒露	9—13日 14—18日 19—23日	最低気温5°C 下る (植物期間終る) カエデ紅葉 初氷	和梨成熟(廿世紀) 初霜 菊開花	秋りんあける セルをあわせに 汲み水は冷え始む	ツバメ渡来 水稻収穫 あわせを着る
霜降	24—28日 29—2日 11月3—7日	サクラ落葉 近山冠雪 初雪	初霜 雁来る 初氷	キク咲く 冬服を着る カエデ紅葉	カリ渡来 ツグミ渡来 大豆収穫
立冬	8—12日 13—17日 18—23日	最低気温0°C 下る カニ漁盛り ストーブをたく	初雪 甲州葡萄落葉 リンゴ落葉(紅玉種)	イチョウ黄葉 初霜 天気ほぼ定り冬型	葉カエデ紅 麦類播種 初霜
小雪	24—27日 28—2日 12月3—6日	根雪はじまる 最高気温0°Cを下る	初めて積雪 梨落葉(パーレット種) 乱雲全天を覆ふ	キリ落葉 ストーブたきはじめ 初氷	最低気温5°C 下る キリ落葉 ナツミカンみのる
大雪	7—11日 12—16日 17—21日		冬囲をする 根雪となる 人々モンペをはく	気温下り始める クチナンみのる ヤブコウジ紅葉	サザンカ咲く スイセン咲く 初氷
冬至	22—26日 27—31日		ハタハタ店頭に出づ 吸上ポンプ凍る	初雪 ウメモドキ紅葉	初雪

(注) 藤原の報文からは秋田だけ載せたが、原文にはこのほかに京都、松本、仙台、高田、父島、那覇、石垣島、京城、大泊、青森、松山、熊本、漢土、本朝が収録されている。

候学に関する総合報告の中に、とくに季節学に関して一章を設けている。これは、わが国の季節学研究の展望としてはもっとも新しいものであるが、そこに盛られた研究は上記のような実態を反映して、主体が1950年代以前の成果におかれている。その後のものでは百瀬(1974):日本動植物季節前線図が、図集というだけでなく、内容豊富な解説が加えられていて、便利である。本誌に掲載された論文としては、深谷(1978)があるが、その他でも最近発表された研究は少ない。しかし、世界的にみると、Schnelle(1955)が植物季節に関するもっとも重要な教科書を書いたドイツでは、Wetter und Leben など応用気象関係の雑誌に毎号のように論文が掲載されている。また、米国のいろいろな分野の研究者を網羅して作られた総合報告(Lowry, 1968; Lieth, 1974)を見ると、季節学の研究にはこれまでの枠を越えた新しい発展が見られ、生物季節現象の生理機構の解明と、生物活動の季節性のモデリングの研究の進歩が著しい。中国でも有名な気候学者竺可楨らによって研究が進められ、その大要は竺・宛(1980)の書物にまとめられている。

3. 季節暦

季節現象を暦の形にまとめることは、世界各地で行なわれている。24節気72候について竺(1973)は、古気候の資料としてこれを見直したり、北京や上海などで新しい資料にもとづいて詳しい季節暦を作っている(竺・宛, 1980)。わが国では、江戸中期に高井蘭山が、中国からの伝承になぞらえて本邦24節気72候を作成した。その後藤原(1937)は測候技術官養成所の学生の協力によって、日本の主要な地点について実際の現象をあてはめ、日下部(1954)も主要地点について改良した表を作った。第2表はその一部であるが、気候の地域差を反映していて興味深い。

亜熱帯や熱帯の生物季節は、四季の別が明確で夏冬の気温差の大きい温帯地方と比べると、様子がかなり異なる。わが国でも沖縄では、気温年較差が那覇で 11.8°C 、石垣島で 11.2°C しかない。鹿児島のはそれは 20.6°C あるのを見てもわかるように、本州では 20°C 以上あるから沖縄では本州の半分以下である。これは沖縄では冬の気温が下がらないことに起因している。そこで冬にはサクラの開花と紅葉(黄葉)が共存する現象が起こる(宮良, 1977)。沖縄ではヒカンザクラが1月上旬から3月上旬まで開花し、1月下旬から2月上旬までが満開期である。沖縄では紅葉(黄葉)する植物はハゼノキ・ナンキ

ンハゼ・インドワタノキ・フウ・モモタマナ・イイギリ・アユウ・イヌビワ・ヤンバルアワブキの9種類しかないが、いずれもその紅(黄)葉がヒカンザクラの開花から満開までの期間に見られる。

このようなわけで、沖縄のいろいろな季節現象をまとめて作った季節暦は、沖縄に住む人だけでなく、本州に住む人にとってもたいへん興味深く感じる(第1図, 北村, 1947)。ちなみに図中のサクラは上記のヒカンザクラである。デイゴは沖縄の県花となっている真赤な花、ミーニシは沖縄の方言で「新北」を意味し、9月16日ごろ移動性高気圧におおわれ、さわやかな秋晴れとなって吹く北風のことである。

このような季節暦は誰でも身近なところで作ることができる。日記をつける習慣のある人は、生物季節現象を毎年の日記から抜き出してまとめてみるのもよいし、小・中学校では理科教育の一環として、自然観察を行ないながら、息の長いデータの蓄積をはかることもできるだろう。そのようなときには、気象庁の生物季節観測指針がよい手引きになる。

日本の国内の多数の地点の生物季節を観測して、広域にわたる季節の歩みを知るために、気象官署では、古くからこの観測指針に従って観測を行なっている。植物季節としては、発芽(約20%が発芽した状態)・開花(数輪咲いた状態)・満開(約80%咲いた状態)・紅・黄葉、落葉(約80%が落葉した状態)の期日を観測する。現在の気象庁の規定種目は、ウメ・ツバキ・タンポポ・ソメイヨシノ・ヤマツツジ・ノダフジ・ヤマハギ・アジサイ・サルスベリ・ススキ・イチヨウ・イロハカエデ、選択種目としては、クワ・スイセン・スマイレ・シバ・シロツメクサ・カラマツ・チャ・シダレヤナギ・ヤマブキ・リンゴ・カキ・ミカン・ナシ・モモ・キリ・ホオノキ・キキョウ・ヤマユリ・ヒガンバナ・ノアザミ・サザンカである(観測種目一覧表は、深谷:1978, 本誌25巻650p.に掲載されている)。規定種目は気象庁に必ず報告する目的で観測されるが、選択種目はその土地に合ったものを選ぶ(わが国は北海道から、南西諸島まで緯度にして約20度の差があるので、全国的に同一種目が観測できるわけではない)。たとえば沖縄では、生物季節観測指針の種目のうち観測が実際にできるのは、規定種目3、選択種目3にすぎない。そこでソメイヨシノの代りにヒカンザクラ、ヤマツツジの代りにケラマツツジかサキシマツツジを用いている(宮良, 1951)。秋の動物季節の中ではサシバ(タカ的一种)の渡りが沖縄唯一の秋の風物

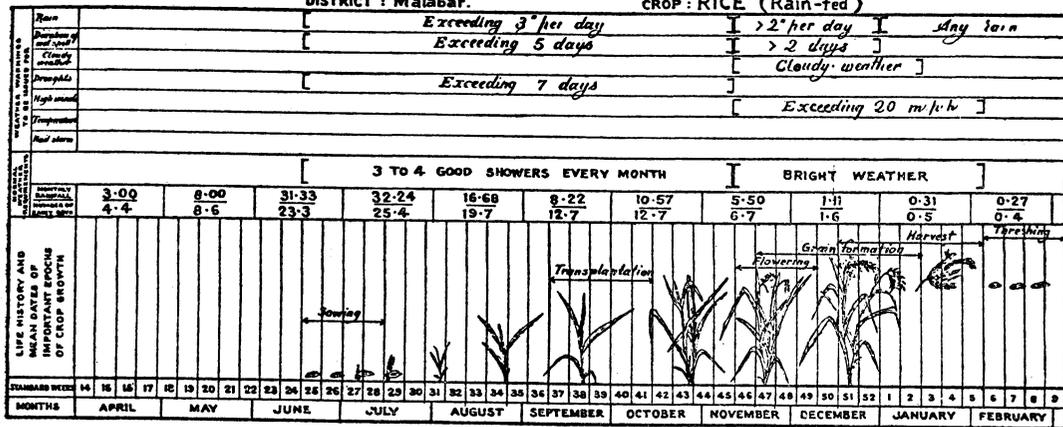
INDEX N^o OF DISTRICT:- 5202

CROP WEATHER CALENDAR

CALENDAR N^o M.R.(K)-2¹

PROVINCE : MADRAS.
DISTRICT : Malabar.

CROP : RICE (Rain-fed)



AGRI-MET. METEOROLOGICAL OFFICE, POONA

C.W.C.-2

第2図 インドの農事暦の1例 (Indian Agricultural Meteorology Division, 1958).

詩と言われている。

動物季節では、規定種目は、ヒバリ・ウグイス・ツバメ・モンシロチョウ・キアゲハ・トノサマガエル・シオカラトンボ・ホタル・アブラゼミ・ヒグラシ・モズ、選択種目は、ニホンアマガエル・カナヘビ・トカゲ・シマヘビ・アオダイショウ・アキアカネ・クマバチ・セグロアシナガバチ・ハルゼミ・カッコウ・エンマコオロギ・キリギリス・ツクツクホウシ・ミンミンゼミ・ニイニイゼミ・マガンである。

気象官署の生物季節観測の地点別、種類別の平均値やこれをもとにして地図上に等期日線を引いた図は、百瀬(1974)のほか、生物季節観測指針や気象庁(1971):日本気候図、大後(1966):季節の事典にも掲載されている。毎年の観測資料は、気象庁から刊行されている気象要覧や農業気象年報に収録されている。とくに、気象要覧は他の気象観測値も掲載されていて、いろいろな点で便利である。気象官署の観測資料は、きまった方法で、きまった場所で観測をしている点で、すぐれているが、近年多くの地点で都市化の影響を受けて観測できなくなった種目が多いのは残念なことである。

季節現象は自然界だけでなく、人間活動にも反映される。農事暦はその一つで、古今東西を通じて見られる。古代中国やローマでは季節現象が農業活動の指標になった。英国では、エルムの若葉がリスの耳の大きさになったとき、麦播を始めた。近代になって気象界でも、これを農業気象に積極的に取り入れ、業務に役立ててきた。

わが国では、この種の研究は戦前から戦後にかけて盛んに行なわれ、これをまとめた気象図集が刊行されたこともある(大後, 1947)。近年は、ビニール栽培、加温温室栽培、抑制栽培など人工的な栽培条件の改変が加わって、農事季節も変化しているが、これをまとめて新たに農事暦を作って見るのも面白いだろう。開発途上国では、農事暦を作ること自体が、農業気象業務の一つになっている。インド気象局では、農民に対して適切な農作業を指導するために、1952年から全国の約400地点について、第2図の例に示したような農業気象暦を作っている(Agricultural Meteorology Division, 1958)。さらに播種、開花、刈取、播種から刈取までの期間などについて各地点の平均日を地図上に記入して等値線を引いた図も作られている。

季節暦からさらに一歩進んで、いっそのこと一年を生物季節そのもので季節区分しようという考えが出るのは、当然のことである。季節区分はその土地の気候を表現する方法の一つとしても重要であるが、わが国では、高橋(1955)、前島(1968)、河村(1973)、吉野(1977)など、気候要素や気圧配置型の出現度数の年変化や特異日などを基準にした自然季節の区分はあるが、植物季節を指標にした季節区分の研究は見当たらないようである。ドイツではAichele(1964)が、Schnelle(1955)の提案を少し改訂して南西ドイツのTrier-Petrisberg地域について、このような考えで季節区分を試みた。指標となったのは、主に野生の植物で、一般によく知られ、広

く分布しているものを選んだ。すなわち早春はマツユキソウの開花，初春はグーズベリーの開葉，春は赤花ライラックの開花，初夏は冬ライ麦の開花，夏は菩提樹の開花，晩夏はハイデ草の開花，初秋はイヌサフランの開花，秋はトチノキの結実，晩秋はトチノキの落葉の9種類で，早春から晩秋までの各季節のはじまりの日を区分した。期間は1950年から1963年までの14年間であるが，毎年の各季節の初日と，14年間の平均期日を第3図に示した。従来の気象現象を主体にした自然季節と比べて，年による変動が大きく，平年と比べた季節の遅れ進みが顕著で，感覚的にも生活実感と合う点がすぐれている。

わが国では，サクラ前線の北上が春の到来を示す指標として，マスコミにしばしば登場する。その平年値に基

づく気候図が種目別の等期日線図(季節線図)であるが，ここでは少し見方を変えて，3月31日から10日ごとに，ウメ・タンポポ・サクラ(ソメイヨシノ)・ヤマツツジ・フジの開花季節線を地図上に記入した(第4図)。3月31日の図では，ウメはすでに東北地方中部まで開花しているが，サクラはまだ関東地方以西の本州・四国の南岸から九州にかけて咲き始めているにすぎない。タンポポは両者の中間である。ところがウメの開花季節線の北上速度は，サクラのそれと比べて遅いために，両者は次第に接近して，北海道では5月はじめに同時に開花し，百花繚乱の春を迎える。同様の現象は動物季節についても認められる。

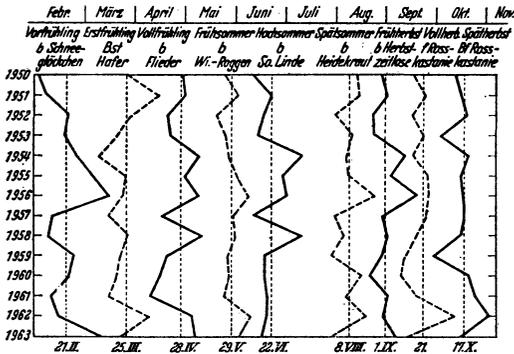
生物季節線の移動については，米国の昆虫生態学者 Hopkins が提唱した生物気候の法則が有名である。すなわち，北米の温帯地方では，他の条件が等しければ，春から夏にかけては緯度 1° 北方へ，経度 5° 東方へ，高度 400 フィート(約 120 m) 上方に移動するごとに，それぞれ4日の割合で生物季節現象が遅れる。晩夏から秋にかけては，その反対である。わが国について，同様の関係が成り立つが，上述のように，生物の種類によって移動速度が異なる。中原は(1948)は，現象生起日 y を緯度 φ ，経度 λ ，海拔高度 h (100 m 単位) の関数で表わした。

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

ちなみにソメイヨシノの開花日については

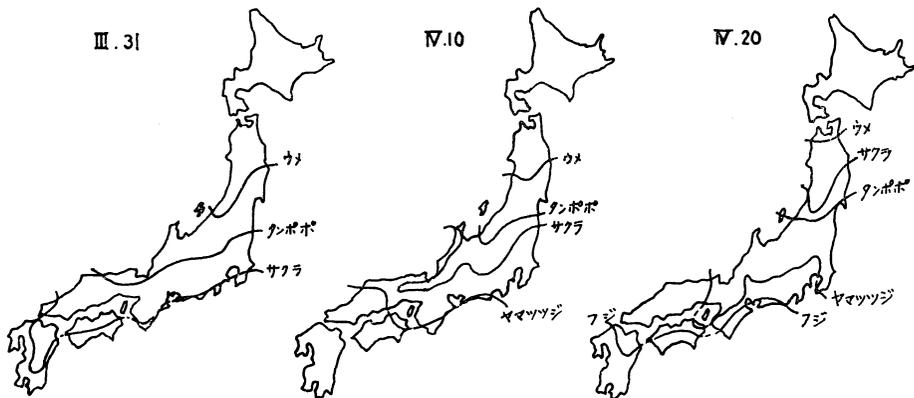
$$y = 93.883 - 5.729(\varphi - 35^\circ) - 0.162(\lambda - 135^\circ) + 1.606h$$

となる。係数 b の値をいろいろな生物について調べると，春おそく生起するものほど値が小さく，上述どおり生物季節線の移動が速い(文献末尾補註参照)。



第3図 南西ドイツ Trier-Petrisberg 地域の1950年から1963年までの植物季節の年による変動 (Aichele, 1964)。

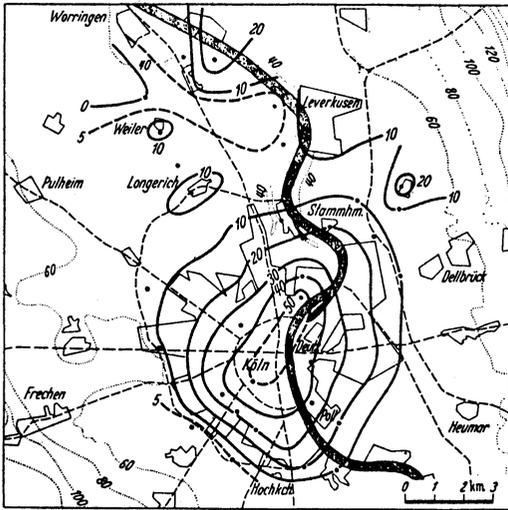
(左からマツユキソウ，グーズベリー，ライラック，フユライムギ，ボダイジュ，ハイデ草，イヌサフラン，トチノキの結実，落葉の順)。



第4図 春の植物季節現象の分布の推移

第3表 シラカバの開葉の階級

階級	開葉の状態
0	全く冬のままで芽の動きが見られない。
1	全体の50%以内の芽がふくらみ始める。
2	全体の50—100%の芽がふくらむ。
3	全体の50%以内の芽が大きくふくらむ。
4	全体の100%の芽が大きくふくらむ。
5	全体の50%以内の芽がほころび、最初の葉の先端が見える。
6	全体の50—100%の芽がほころぶ。
7	全体の50%以内の芽が開き、最初の葉面が見える。
8	全体の50—100%の芽が開く。
9	全体の50%以内の葉が葉底まで開く。
10	全体の50—100%の葉が葉底まで開く。
11	葉柄の半分までが伸びる。
12	葉柄が伸び開葉が終了。



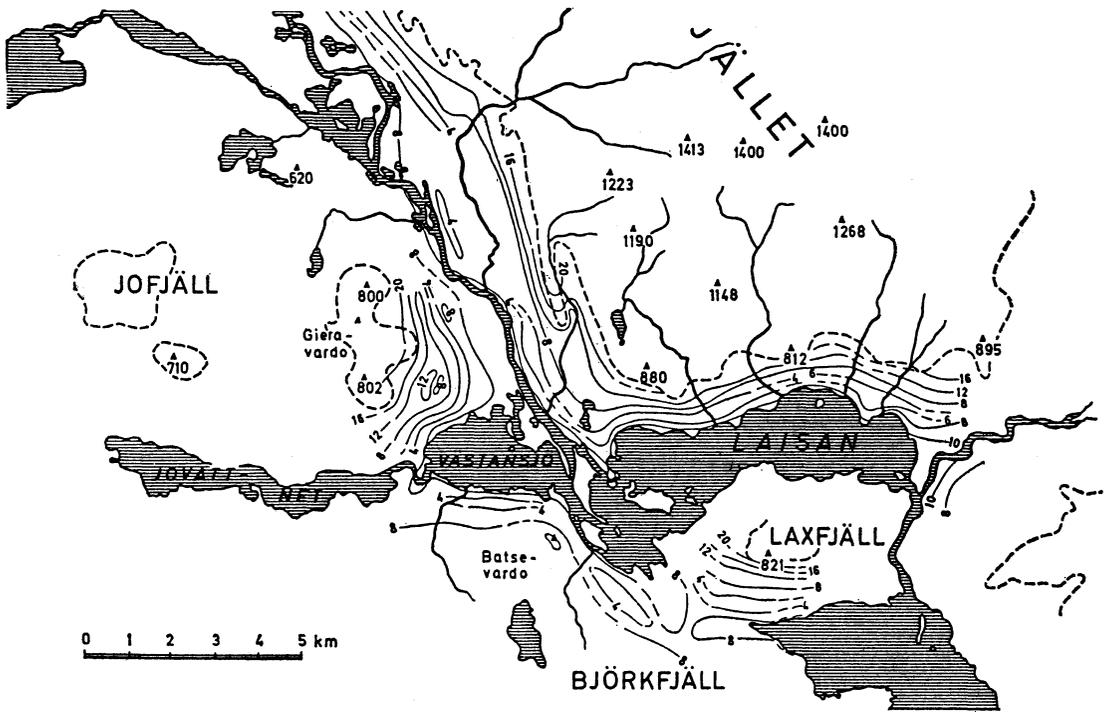
第5図 ケルンにおけるリンゴの開花率の分布 (1956年5月7～8日) (Kalb, 1962).

4. 小気候の研究への応用

生物季節現象の観測を定期的に行なっているところから、気象官署や一部の農業試験場など少数に限定されるから、サクラ前線の移動などを大ざっぱに見るにはよいが、狭い地域内の気候差を調べるには不十分である。Mäde (1952) は、季節線図の作り方の検討を行ない、ドイツのザクセンアンハルト (Sachsen-Anhalt) 州を例にとって、観測地点の数が少なく、利用できる資料が少ないときに、ユキワリソウの開花日と、野外作業の開始日の分布図を作る場合に、地形図、土地利用図のほか、縮尺 1/30 万の土壤図を参照しながら、等期日線を引くとよいと述べている。また、季節学の研究を精力的に行なった Schnelle (1953) は、ドイツ全域の季節現象の詳しい分布図を作成することを試みた。彼はドイツ気象庁の業務として、1936年から1944年までの多くの観測資料を集めた。季節観測の指標としては、ユキワリソウの開花日 (早春)、燕麦の播種の開始日 (初春)、リンゴの開花日 (春)、冬ライ麦の開花日 (初夏)、冬ライ麦の収穫 (晩夏の真中)、冬ライ麦の播種 (秋の真中) の日常生活 (とくに農作) と関係が深い6種類をとり上げた。観測者は1936年には3,000人、1939年には10,000人に及んだ。観測地点は 100 km² に2地点で、平均して7 km 間隔である。これは100万分の1、あるいは150万分の1の地図上で等期日線を入れるのに充分な観測網であるため、ドイツ全域の200万分の1の地図上にこの9年間の平均の

植物季節の詳しい分布図 (気候図) を作成することができた。

しかし、山地の谷間など、地形の複雑な狭い地域内で、小気候の詳しい調査をしようとするときには、これでもまだ不十分である。小気候の調査を行なう場合、長期間にわたって詳細な調査を反復することはむずかしいが、気温などの気候要素の観測をする代わりに、植物季節などの季節現象を指標にすることは予想以上に有効な場合が多い。この方面の先駆的な研究として、三沢勝衛 (1941) の天竜川流域におけるサクラの八分咲きの期日の分布の観測が挙げられる。これは伊那赤穂の小学校の先生方が、1936年春に天竜川流域全体の500地点以上の測点で、サクラの八分咲きの開花期の観測を行なった結果を地図上に記入して、等期日線を引いたものである。最早が4月10日、最晩が5月12日で33日の差がある。この原因は海拔高度に1,000 mの地点差があることが最大の原因であるが、日向・日陰の斜面の方向の差も大きいことを指摘した。三沢はこれと同様の現象がクワやケヤキの発芽にも見られることを明らかにし、これが単に気温だけでなく、天竜川の風の影響もあると述べている。その後、同様な調査は、筑波山 (植野, 1938) や、東京市内 (中原, 1940) についても行なわれたことがあり、関口ら (1947) は、三沢の研究対象とした地域の一部である長野県上伊那郡赤穂町付近のヒガンザクラの8分咲きの期日について調べた。赤穂扇状地は扇頂部の



第6図 スウェーデンラップランド丘陵地帯のシラカバの開業階級による小気候分布の観測結果 (Müller, 1977).

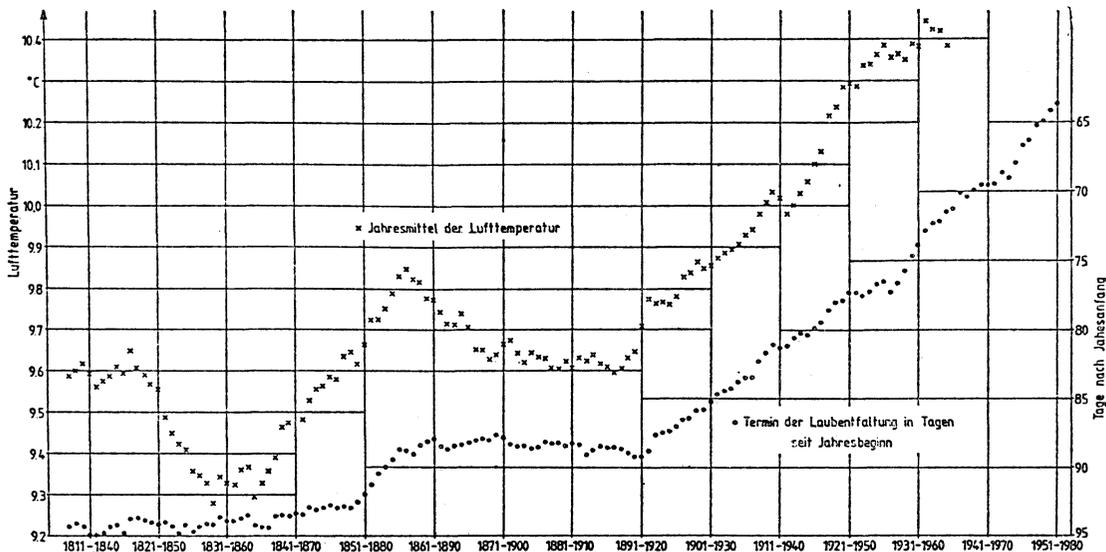
高度が 840 m, 扇端部の天竜川畔の崖端が 630 m, 崖下の氾濫原は 580 m である。観測は1946年4月に行われ、観測点の数は142地点である。8分咲きを選んだ理由は、開花日や満花日よりも判定が容易なためである。高度が西から東へ低くなっているため8分咲きの期日が、最も早い地点は4月8日、最もおそいのは4月23日でその差は15日あり概して東から西へ遅れている。高度と期日の関係を実験式で表わすと、

$$y = -1.7 + 4.8x$$

(y :原点4月1日とした期日, x :100m単位の高さ) となり、大体 100 m について5日の遅れとなる。Hopkins の生物気候の法則によると高度差 400 フィートについて4日の遅れであるから、これらに比べると、赤穂扇状地の値はやや大きい(中原(1948)がわが国全体についてまとめたところでは、高度 100 m 増すごとに約2日の遅れである。)、なお、赤穂盆地では、谷間では、周囲の台地よりも早い。南向き斜面は、北向き斜面より1~2日早い。また林に囲まれた土地は早く、風当りの強いところは、約1日遅れるという。これは、この地域が南よりの風が強いためである。

同様の研究は戦後ドイツやオーストリアでも盛んに行なわれた。たとえば、Heigel (1955) は、Hohenpeizenberg の斜面で高度と斜面の方向の違いによってサクランボの開花日を調べたところ、100 m 高度が増すごとに、約2日の遅れがあること、北向き斜面と南向き斜面で5~7日の差があることがわかった。また、冬ライ麦の成熟期(刈り取り期)をみると、やはり高さに関係があり、かなりバラツキがあるが、平均すると高度差 100 m につき約7日の遅れがある。シャクナゲの開花日は日照時間の影響を強く受けるので、勾配の同じ北向き斜面と南向き斜面を比較すると、820 m の高度で14日、860 m の高度で20日の差があり、南向き斜面では、高度 820 m と 940 m の2地点で16日の差があった。

また、山地斜面の中腹に斜面温暖帯 (thermal belt) が出現することはよく知られているが、これを裏付ける研究もある。たとえば、Frenzel ら (1957) は、南ドイツのアルゴイアーアルペン (Allgäuer Alpen) の谷間で植物季節の観測を行ない、1,100 m 付近に山腹温暖帯が存在することを実証した。また Baumgartner ら (1956) が、ドイツのバイエルンの森林地帯にあるグローサーア



第7図 ジュネーブにおけるトチノキの開葉日の30年平均値(黒丸)と年平均気温30年平均値(x)の経年変化の比較(縦軸左は気温, 右は1月1日から起算した開葉日の日数(Keil et al., 1981).

ルバー (Grosser Arber 1,447 m) で行なった詳細な観測によると、ブルーベリーの茎が4 cmの長さに伸びた日付や、ブナの発芽日などの高さによる変化が、高度800 m付近で最も早くなる。これは1931年と1932年の5月と6月にすぐ近くのゼーバッハシュライフェ (Seebachschleife 645 m) から上の同じ山地斜面で、延68日におわたって観測した夜間の最低気温の高度変化とよく対応している。このような生物季節を指標として小気候あるいは農業気候を調べる重要性をMcHattieら(1974)が指摘し、地形気候学(topoclimatology)に対して、重要な貢献をすとして、Horney(1966)の研究例を挙げている。

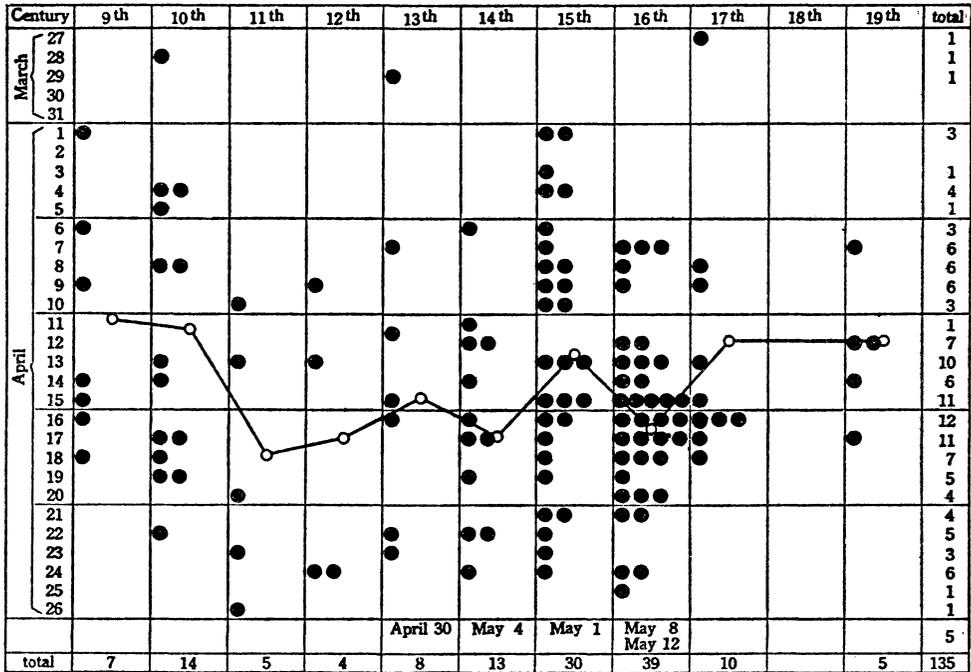
小気候を、生物季節現象を指標にして調べる場合には、客観的で精度のよい指標を作ることが大切である。これまでに述べたように特定の植物の開花日や芽の長さなど、簡単でわかり易いものを指標にとるのも一つの方法であるが、同一地域内をかなりの期間反復調査することが必要になる。そこで、別の形でより複雑な指標を作ることによって、この欠点を補うことが考えられた。

松野ら(1950)は、菅平盆地で200地点を選び、カラマツの発芽を5月1日から6月1日までの1か月間に6回(1~2日間ずつ)観測して、葉の長さをはかり、生長速度が日最低気温の分布とよく対応していることを明らかにすることができた。(芽の長さの分布は、盆地底

にできる冷気湖の気温分布とよく合っている。)また、山中(1951)が考察した色相測定板(幅2 cmの24色の色紙を円板に放射状にはりつけ中央部に穴があいている。)を用いて、松野ら(1951)は、菅平盆地で紅(黄)葉の度合を調査した。葉の色は、紅(黄)葉が進むにつれて緑を失なって赤褐色味をおびてくる。この色相の分布はやはり前述のカラマツの発芽と同様に、盆地内の日最低気温分布とよい対応がある。このような指標は、一つの植物でも作ることができる。たとえばKalb(1962)は、ケルンの都市気候を調べるために、1956年5月7日から8日にかけて、リンゴの開花率を調べて分布図を作った(第5図)ところ、ヒートアイランドをよく表わしていることがわかった。またMüller(1977)は、スウェーデンのラップランドの丘陵地帯で、局地気候を季節学で明らかにしようとして、この地域に広く生育しているシラカバの発芽、開葉を、第3表に示したような13の階級に分けた尺度を作り、200以上の地点で観測を行なった。1地点で少なくとも25本のシラカバを測定し、平均値と、各階級の度数分布を調べて各地点の階級を決めた。この階級は、積算気温とよい相関があるので、階級の等値線分布図を作った(第6図)。開葉階級 y 、 5°C を越す積算温度を x とすると回帰式

$$y = 0.0055x - 1.26$$

となり、 y と x の相関係数は0.9889、また、開葉の階



第8図 京都における各世紀ごとのサクラの開花日の度数（黒丸の数）と各世紀の平均の開花日（白丸）(Arakawa, 1956)。

級は土壌および風と密接な関係がある。またどの谷の斜面でも斜面温暖帯は谷底から 70 m 以下の高さのところにある。

生物季節の指標は、積算気温などの気候要素との対応関係を求めておくと、気候要素の値に換算することができるので、上述のような調査結果を気候要素の分布におきかえることも可能である。

5. 気候変化の研究

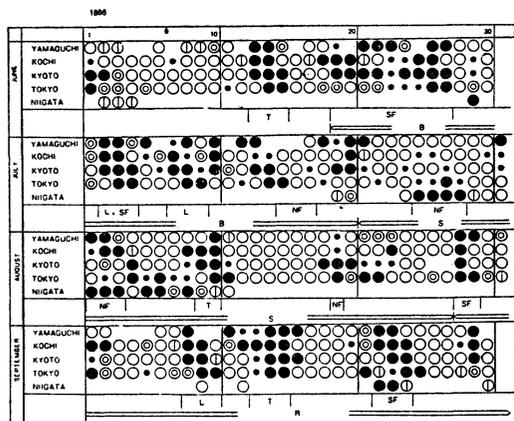
季節学の研究分野として重要なものに古気候の研究がある。周知のように、気象官署によるルーチン観測が開始されたのはヨーロッパで約200年前、わが国では約100年前である。したがって、最近活発な研究が行なわれている気候変化を調べるにも、気象観測資料にたよれるのはせいぜい100年か200年ということになる。それよりも古い時代の気候を調べるための手段の一つとして、季節現象、とくに生物季節が用いられる。

決まった地点で、生物季節の観測を行なった資料は、かなり長期間にわたって残っている。たとえば、Conrad (1959) は、ドイツの1854年から1953年の100年間にわたる毎年の植物期間の初日と終日を調べ、ユキワリソウの

開花日と気候の関係を求めた。Seyfert (1957) は、ハンブルグ市における 994 年以降の年代期から、植物季節に関係のある記事を抜き出した年表を作成した。Zerche (1964) は、メクレンブルクシュヴェーリン (Mecklenburg-Schwerin) における 1853—1894 年の40年間の27種類の植物の植物季節観測資料を整理してまとめた。また、Jeffree (1968) は、英国王立気象学会の生物季節レポート (1891—1948) から25種類の植物の58年間の毎年とこの期間の平均の植物季節の期日と変動を明らかにした。その結果、最も早い年と遅い年の58年間の平均からの偏差はそれぞれ 17.7 日と 17.1 日である。さらに Lauscher (1981) は、ジュネーブにおいて 1808 年以来 173 年にわたって残っているトチノキの発芽日の記録のトレンド解析を行なった。1808 年を起点とする年数 n と 1 月 1 日から起算した発芽日までの日数 y との間には

$$y = 101.8 - 0.2062n$$

の回帰式が求められた。また y と年平均気温との相関関係係数は -0.60 で、この173年間の気温の温暖化のあらわれと言える。さらに Keil ら (1981) は同じデータの30年平均値を気温の30年平均値と比較した(第7図)。発芽日は上記と同じ 1 月 1 日から起算した日数(右縦軸)



第9図 1866年における日本各地の6月から9月までの毎日の天気と推定気圧配置型 (Maejima, 1977).

で示されている。年平均気温は1964年までで、後は観測所が移転したため記入していないが、都市の気温の変化と発芽日とはよく対応していて上記の結果とも一致する。同様な生物季節による気候変動の研究としてはユーゴスラビアについて調べた論文もある (Kurpelova, 1980)。

わが国では、Arakawa (1956) が、京都のサクラの開花日より古気候を推定した研究が世界的に有名である。彼は、田口 (1939) の日本気象史料などから、日記に残された京都のサクラの開花日を9世紀から19世紀まで集めて、平均開花日を調べた (第8図)。その結果、最も開花の早かったのが、9世紀の4月11日で、最も遅いのが11世紀の4月18日で、約1週間の開きがある。11世紀から14世紀の間と、16世紀のサクラの開花が遅いなどの結果が得られた。

史料に残されている災害の記録や、昔の人の日記に残されている天気の記録から、古気候の推定、復元を試みる研究は、広い意味での季節学的应用ということが出来るだろう。山本武夫は、古日記の記録から、降雪率の時代による違いを計算するなど、この分野で多くの研究 (Yamamoto, 1971; 山本, 1972) を行なっているが、最近、藤原賞受賞講演の中で、その研究の概要がまとめられている (山本, 1980)。これと同様の古気候の研究には関口 (1969) や Maejima ら (1976) がある。後者は、本州と四国の各地に残っている真覚寺日記、奇兵隊日記、高関堂日記、小梅日記、中山忠能日記、長善館日記、佐渡維新日記、碓氷関守日記、川路聖謨日記、弘前藩庁日記、梅田日記の中に記されている6月から9月までの毎日の

天気を快晴、晴、くもり、にわか雨または霧雨、雨の5種類に分類した。そして、第9図の例のような天気カレンダーを作った。一方、1966年から1969年の間の全国地点の気象官署の天気と気圧配置型との対応を調べた。その結果、1) 全国的に雨 (L.SF.T.)、2) 北日本が雨 (L.NF.)、3) 南岸地方に雨 (NF.SF.T.)、4) 中央および西南日本で雨 (NF.SF.)、5) 東日本で雨 (L.SF.) の5型に分類できた。括弧内は対応する気圧配置型で、L: 日本海上を北へ向って通過する低気圧、NF: 日本の上を横断する停滞前線、SF: 日本の南岸沿いに停滞する前線、T: 台風を表わしている。このようにして1860年から1867年までの夏の気候を復元してみると、1866年を除いてこの時期は全般に夏が暑くて長く、梅雨や秋雨がやや弱かったことがわかった。古気候の復元の研究は重要なので今後も史料の発見とともに続けられるであろう。

最近、気候変化の研究が広く関心をよんでいるが、実態の把握のためには、正規の気候資料以外に、上述のような季節学的なアプローチに役立つ資料の発見と、解析が期待されている。

6. あとがき

紙面の制約から、書き残した事項が多いが、季節学の今後の研究について、二、三の問題点と予察を記して、あとがきとしたい。本稿の本来の意図である普及講座の立場から言えば、要は身近な季節現象に着目して、気象・気候を調べることが大切で、これまでの研究も、このような視点から、さまざまな創意工夫がなされている。小気候の調査に、霜害の程度を指標とした Mäde ら (1966) の研究はその一例である。

また本文では全く割愛したが、Wang (1968) に見られるように、植物季節の植物生理学的研究は、気象学的な季節学研究の基礎として重要な意義を持つ。しかし内容が気象学の領域外の専門的事項であるだけに、今後の成果を理解して利用することが必要となろう。生物季節指標と気象・気候要素との対応関係を詳しく調べる研究は、以前からかなり多く行なわれ、Wetter und Leben にも掲載されている。わが国でも戦前から数多くの研究があり、中原 (1948) の著書などにも収録されている。本報では一、二の例を挙げたにすぎないが、両者の関係を生物種類別・地域別に系統的に整理し、欠落部分を補完することによって、精度のよい気候値換算尺度を作成しなければならない。これは生物季節指標が小気候や古

気候を解明する解析手段として、今後ますます重要になるためである。

わが国では、近年、都市化のために生物季節観測に支障を生じた地点が多いが、世界的にみると欧米諸国を中心に、ボランティアの積極的な協力を得て、飛躍的に密な生物季節観測網を展開し、地道な研究を進めている。米国では1970年代に入ってから、IBP (International Biological Programme) の一環として IBP Phenology Committee が設置され、全国的に新たな観測網を設けるとともに、環境問題とも関連づけた多彩な研究が進められてきた。さらに国際的レベルで精度のよい標準的な季節学の資料を得る努力もなされ、ヨーロッパや米国では、各地に指標植物を集めた植物季節観測のための植物園 (phenological garden) が作られている (Schnelle *et al.*, 1974)。

最近の季節学の研究に現われた新しい動向の一つは、リモートセンシング技術を用いた広域資料の収集である。航空機から地表面の赤外写真やマルチバンド写真を撮影したり、人工衛星からマルチスペクトルスキャナーや熱赤外映像を用いて、植物季節などの現象を広域にわたって調べようという試みが70年代になって非常に盛んになってきた (70年代初頭までの研究のレビュー (Morain, 1974) には、約40編のこの種の文献が掲載されている)。たとえば、Lauerら (1972) は、熱帯西アフリカの雨季・乾季の季節変化を植生やチャド湖の面積の消長から調べている。シベリアの内陸の積雪面積の消長を調べて、大気大循環やその年の気候との関係を解明し、ひいては長期予報に役立てようとする研究も試みられている (Hahn *et al.*, 1977, 朝倉, 1979)。また英国のアルペドの季節変化を植生の変化や大麦の成熟度の分布と結びつけて LANDSAT のデータから調べた研究 (Henderson-Sellers, 1980) もある。このような広域のリモートセンシング資料の解析には、グランドトルースとして、上述の植物季節の観測網が重要な役割を果している。局地気候の研究に同様の手法が有効なことはいうまでもない。比較的低高度で撮影したカラー写真や赤外カラー写真が、植生の色相の微妙な季節変化を敏感に捉えることが報告されている (Morain, 1974)。Endlicher (1980) は飛行機からの熱映像写真を利用して、最高気温や最低気温を調べたり、霜害と地形との関係を調べたりしているが、このような手法は当然季節学の研究にも応用できる。わが国では、和田 (1980) がランドサットによる東北地方北部の紅葉の赤外写真を解析し、広域に

わたる紅葉の進みぐあいと気候との関係を求めようとしている。この種の試みは季節予報や気候変化の研究とも関連して今後ますます発展するものと思われる。

本稿作成にあたって文献検索にお力添いただいた気象庁図書管理室の竹田邦子さんと、中国などの貴重な文献を御教示下さった吉野正敏教授に深謝の意を表す。なお普及講座の趣旨に則り、平易で簡潔な記述を心掛けたが、近年この分野の解説がわが国では書かれていないことを考慮して、多くの文献を引用したため、普及講座の範疇を逸脱したことをお詫びしたい。

文 献

- 朝倉 正, 1979: 日本の気候変化とシベリアの積雪面積, 筑波大学気候学気象学研究報告4号, 63 p.
大後美保, 鈴木雄次, 1947: 日本生物季節論, 北隆館, 187 p.
———編, 1947: 日本農業気象図便覧, 共立出版, 234 p.
———, 1966: 季節の事典, 東京堂出版, 308 p.
藤原咲平, 1937: 各地72候, 天気と気候, 4, 118-122, 190-194.
深谷禎二郎, 1978: 九州地方の生物季節について, 天気, 25, 649-655.
気象庁, 1964: 生物季節観測指針(追録その5 1981).
河村 武, 1973: 東アジアの自然季節, 気象研究ノート, (98), 357-367.
北村伸治, 1972: 沖縄の産業気象暦, 測候時報, 39, 138-158.
倉嶋 厚, 1966: 日本の気候, 古今書院, 253 p.
日下部正雄, 1954: 72候の現代解, 天文と気象, 29, (12), 10-13.
前島郁雄, 1968: 自然季節の気候学, 気象研究ノート, (98), 357-367.
松野満寿巳, 1950: 菅平における植物季節観測による小気候測定, 農業気象, 5(3), 20-23.
———, 1951: 色彩変化による小気候測定, 農業気象, 6(2), 25-26.
三沢勝衛, 1941: 風土産業, 信濃教育会編 (矢沢大二編 1979: 三沢勝衛著作集第3巻, みすず書房に収録されている).
宮良孫好, 1951: 沖縄における植物季節観測種目について, 沖縄管内気象研究会誌 (4), 13.
———, 1977: 沖縄の冬季における桜の開花と紅葉 (黄葉) の共存, 沖縄技術ノート (9), 29-32.
百瀬成夫, 1974: 日本の動植物季節前線図, 丸の内出版, 180 p.
中原孫吉, 1948: 季節現象, 河出書房, 209 p.
関口 武, 佐伯威彦, 1947: 小地域の気候調査と測定の気候的意義——長野県上伊那郡赤穂町付近の彼岸桜の八分咲期日について, 農業と物理, 142-145.
高橋浩一郎, 1955: 動気候学, 岩波書店, 316 p.

- 山本武夫, 1967: 歴史の流れに沿う日本とその周辺の気候の変遷, 地学雑誌, 76, 115-141.
- , 1980: 日本の歴史時代の気候分析, 天気, 27, 77-85.
- 山中罔利, 1951: 植物の色彩変化による環境測定, 農業気象, 6(2), 24-25.
- 吉野正敏, 甲斐啓子, 1977: 日本の季節区分と各季節の特徴, 地理学評論, 50, 635-651.
- 和田政金, 1975: 諸外国における生物季節観測状況, 気象, 75(2), 10-11.
- , 1980: 日本における紅(黄)葉の移動分布(未発表).
- 竺可楨, 1979: 物候学農業生産: 竺可楨文集, 科学出版社, 446-454.
- , 1979: 中国古代の物候知識: 同上, 499-506.
- , 1979, 一年中生物候推移の原動力: 同上, 507-513.
- 竺可楨, 宛 敏渭, 1980: 物候学, 科学出版社, 375 p.
- Agricultural Meteorological Division, India Meteorological Dept., 1958: Agricultural Meteorology in the India Meteorological Department (1932-57)—A review, Indian Jour. Met., 8, 1-28.
- Aichele, H., 1964: Beitrag zur Festlegung phänologischer Jahreszeiten und deren Höhenabhängigkeit in Rheinland-Pfalz, Met. Rdsch, 17, (2), 42-46.
- Arakawa, H., 1956: Climatic change as revealed by the blooming dates of the cherry blossoms at Kyoto, Jour. of Met., 13, 559-600.
- Baumgartner, A., et al., 1958: See in Geiger, A: 1961. The climate near the ground, Harvard Univ. Press, 432-435.
- Bitan, A., 1975: New concepts in topoclimatology, Met. Rdsch., 28, (1), 1-5.
- Conrad, C., 1959: Über Schwankungen der Vegetationsperiode und über Variationen ausgewählter phänologischer Phasen von Kulturpflanzen, Angewandte Meteorologie, 3, (7), 193-205.
- Endlicher, W., 1980: Lokale Klimaveränderung durch Flurbereinigung—Das Beispiel Kaiserstuhl. Erdkunde, 34, (3), 175-190.
- Frenzel, B. and H., Fischer, 1960: Beobachtungen zur phänologie eines Alpenteales, Arch. Met. Geoph. Biokl. B, 8, 231-256.
- Geisenhein, H., 1966: Die Schlehenblüte 1965 im Wispental, Met. Rdsch., 19, (5), 133-136.
- Jeffree, E.P., 1960: Some long-term means from the Phenological Reports (1891-1949) of the Royal Meteorological Society, Quart. Jour. Royal Met. Soc., 86, (367), 95-103.
- Hahn, D.G., J. Shukla, 1976: Apparent relationship between Eurasian snow cover and Indian monsoon rainfall, Jour. Atm. Sci., 33, 2461-2462.
- Hopp, R.J., 1974: Plant phenology observation networks, Lieth. H.: Phenology and seasonality modeling, 25-43.
- Heigel, K., 1955: Exposition und Höhenlage in ihre Wirkung auf die Pflanzenentwicklung, Met. Rundsch., 8, 146-148.
- Henderson-Sellers, A., 1980: Albedo changes—surveillance from satellites, Climatic Change, 2, 275-281.
- Horney, G., 1966: Die Schlehenblüte 1965 im Wispental. Ein Beispiel für den Einsatz der Phänologie bei geländeklimatologischen Untersuchungen, Met. Rdsch., 19, 133-136.
- Kalb, M., 1962: Einige Beiträge zum Stadtklima von Köln, Met. Rdsch., 15, 92-99.
- Keil, K. and F. Schnelle, 1981: Phänologische Beobachtungen und Klimaschwankungen, Met. Rdsch., 34, 180-181.
- King, E., 1966: Zur Phänologie der Rebenblüte, Met. Rdsch. 19, 165-171.
- Kurpelova, M., 1980: Fenologické javy a ich vztah ku kolísaniu klímy, Met. Zpravy., 33, 142-147 (Phenological phenomena and their relation to climate fluctuation.).
- Lauer, W. and T. Breuer, 1972: Wettersatellitenbild und klimaökologische Zonierung, Erdkunde, 26, (2), 81-98.
- Lauscher, A. u. F., 1981: Vom Einfluss der Temperatur auf die Belaubung der Rosskastanien nach den Beobachtungen in Genf seit 1808, Wetter u. Leben, 33, 103-112.
- Lieth, H., 1974: Phenology and seasonality modeling, Springer Verlag, 489 p.
- MacHattie, L.B. and F. Schnelle, 1974: An introduction to agroclimate and topoclimatology, WMO Techn. Note, (133) 131 p.
- Mäde, A., 1952: Zur Methodik phänologischer Kartenentwürfe, Angewandte Meteorologie, 1, (5), 139-142.
- and V. Schöne, 1966: Zur Ausgliederung frostgefährdeter Gebiete mittels phänologischer Beobachtungen, Angewandte Meteorologie, 5, (5), 148-152.
- Maejima, I. and Y. Koike, 1976: An attempt at reconstructing the historical weather situations in Japan, Geogr. Reports Tokyo Metropolitan Univ., (11), 1-12.
- Morain, S.A., 1974: Phenology and remote sensing, Lieth *ibid*, 55-74.
- Müller, H.M., 1977: Phänologisch-geländeklimatologische Untersuchungen in Schwedisch-Lappland, Erdkunde, 31, 178-192.

- Roller, M., 1970: Die jahreszeitliche Entwicklung der Pflanzen- und Tierwelt als Klimazeiger (Phänologie, 1928-1966), Naturgeschichte Wiens (Starmühlner F. u. F. Ehrendorfer.), 377-391.
- , 1979; Witterung und Phänologie am Alpenostrant im Jahre 1977, Wetter u. Leben, 31, 189-197.
- Schnelle, F., 1953: Beiträge zur Phänologie Deutschlands, Berichte des Deutschen Wetterdienstes, 1, 3-8.
- , 1955: Pflanzen-Phänologie, Akademische Verlag, 299s.
- and E. Volkert, 1974: International phenological gardens in Europe; The basic network for international phenological observations, Lieth, H. ed. *ibid.*, 383-388.
- Seyfert, F., 1957: Klimatologische und phänologische Daten aus der "Chronik der Stadt Ham-melburg", *Angewandte Meteorologie*, 2, (12), 381-386.
- Wang, J.Y., 1968: Phytophenology as a microclimato-logical surveillance tool, *Biometeorology*, In W.P. Lowry, ed. Oregon St. Univ. Press, 23-44.
- Yamamoto, T., 1971: On the climatic change in XV and XVI centuries in Japan, *Geoph. Mag.*, 35, 187-206.
- Yoshino, M.M., 1974: Agricultural climatology in Japan, In Mihara Y. ed. *Agricultural Meteorology of Japan*, Univ. Tokyo Press, 11-40.
- Zerche, M., 1964: Die ersten vier Jahrzehnte netzmässiger phänologischer Beobachtungen in Mecklenburg-Schwerin, *Angewandte Meteorologie*, 4, (11/12), 377-383.

(補注) 沖縄のヒカンザクラの開花はソメイヨシノの開花日の移動とは異なり沖縄本島の北部から南部さらに八重山諸島と北から南に行くにつれておくれる。(11月の日最低気温が 11.8°C 以下になった日から 30~34 日目に開花する。) これはある程度低温にならないと花芽が分化しないためと考えられる。

(大城尚, 1982: 名護城のさくらの開花について. 沖縄技術ノート, 19, 18-20.)

会員の広場

第4回極域気水圏シンポジウム報告

1982年1月20日より22日までの3日間、国立極地研究所主催のシンポジウムが研究所講堂において開かれた。発表論文48編、出席者90名に及んだ。

3年に渉る「南極域気水圏観測計画 (POLEX-South)」中、第20次、21次観測隊による成果が発表された。カタバ風(斜面滑降風)域において実質上活動している唯一の基地としての「みずほ」(70° 42'S, 44° 20'E, 標高2230m)での境界層、放射観測の解析が、カタバ風の実態、カタバ風域での放射特性を明らかにしつつある。また、本年1982年より始まった「中層大気観測計画」(MAP)の南極大気組成に関する発表、昨秋出発した第23次隊より始まる「東グリーンランド研究計画」の雪氷に関連した発表などもみられた。その他、極域気水圏に関する様々な問題が議論された。セッション名を列記すると(カッコ内は発表数)、寒地工学(3)、

海洋・海水(5)、氷床(7)、雪結晶・降雪・雲(4)、 $\delta^{18}O$ (3)、大気循環(4)、組成(6)、話題提供(6)、放射(5)、境界層(5)となる。極域気水圏における現象解明という目的の下に、様々な分野の研究者間の議論が生まれつつある萌芽が感じられた。

第3回に引き続き、講演論文は国立極地研究所発行の“Memoires of National Institute of Polar Research, Special Issue”に掲載される予定である(Full Paper 24編, Extended Abstract 24編。発行予定——1982年12月)。なおシンポジウム予稿集(主に和文, 61ページ)に残部がある。希望する方がありましたら御連絡下さい。

気水圏シンポジウム係

〒173 東京都板橋区加賀 1-9-10

国立極地研究所

TEL 03-962-4711 (内413)