

田中涼子・小池文人：里山に生育する植物種のフェノロジーを基にした生物学的季節区分

〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-7 横浜国立大学大学院環境情報学府

Ryoko Tanaka and Fumito Koike : Biological seasons in a rural landscape based on in-leaf, flowering and fruiting in the local flora

Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University, Tokiwadai 79-7, Hodogaya-ku, Yokohama 240-8501, Japan

Abstract

Seasons are important factors for the activities of organisms, and biological seasons are one of the key factors for in situ studies of wild organisms. In this research, we determined biological seasons based on phenological pattern of local flora. We defined the study areas of 1km × 1km in rural Tokyo, Japan (under warm-temperate climate), and the random number was used to extract study plant species from the local flora including herbs and woody species. Both reproductive and vegetative activities were studied (presence of leaves, flowers, and fruits), and we used multivariate analyses to divide biological seasons. Five biological seasons were detected by a cluster analysis (TWINSPAN); those were biological winter (season I, December to February), biological early spring (season II, March), biological spring (season III, April to early June), biological summer (season IV, late June to early August) and biological autumn (season V, late August to November). There were more number of biological seasons in the duration from the coldest to the warmest periods (biological spring and biological early summer), than the duration from the warmest to the coldest periods (biological autumn). Temperature was the key environment factor determining biological seasons around the cold period, but day length was the key between biological summer and biological autumn.

Key words: biological seasons, local flora, phenology, TWINSPAN, warm-temperate.

はじめに

生物にとってどの季節にどのような活動を行うかは、生存や繁殖の成功を左右する重要な要因である。しかし、“季節”は複数の定義をもつ。天文学では太陽の運行により、たとえば立春（太陽黄経 315°）から立夏（太陽黄経 45°）までを春と定義するように、春夏秋冬の4季節を区分する（百瀬 1998；国立天文台 2008）。また、気候学では、天候の推移や気温の高低などによって梅雨や秋雨なども含めて6つの季節が区分されることがある（中村他 1986）。

生物の研究における季節の記述は、天文学的季節によるべきではなく、地域に生育する多くの種の成長・開花・結実の時期を基にして季節区分した、地域の生物学的季節（biological seasons）によるべきであると考えられる。この生物学的季節の進み方は、研究対象の地域の標高や緯度によっても変わり、季節の数も春夏秋冬の4季であるとは限らない。し

かし、地域に生育する多くの種を総合した生物学的季節の、データに基づいた区分とその利用は行われてこなかった。

生物が時間軸に沿って周期的に繰り返す現象のことをフェノロジー（生物季節）といい（菊沢 2003）、古くから研究が行われてきたが（大後・鈴木 1947；百瀬 1998）、従来の研究は個々の種の成長や繁殖を行う季節を調べたものが多い（Kushwaha and Singh 2005；Chidumayo 2006；Palacio and Montserrat-Marti 2007）。群落レベルや、森林や草地などの様々な群落を含む地域レベルのフェノロジーも存在すると考えられるが、これらはほとんど研究されてこなかった。群落レベルのフェノロジーを捉えた研究として、鈴木（1949）による草原と Watanabe（1978）による森林の展葉と落葉に基づいた生物学的季節の区分があるが、草本と木本を含んだフロラ全体について、成長だけでなく開花や結実なども含めた、地域レベルのフェノロジー

の研究は行われてこなかった。

本研究では、暖温帯の里山景観の地域レベルでの生物学的季節区分を行う。その際、調査対象種に草本から木本までを含め、栄養成長だけでなく開花・結実を含めて解析することで、総合的な生物学的季節区分をめざした。また、調査対象地域 (1km × 1km) を明確に定め、乱数で調査対象種を選ぶことで可能な限り客観的なデータとした。さらに、その区分された生物学的季節を用いて、植物種をフェノロジータイプに分類し、生物学的季節と栄養成長や開花、結実の対応を調べた。

方法

1. 調査地

東京都日野市百草地区 (35° 38' N, 139° 25' E, 標高 52m ~ 142m) に 1km × 1km の調査区を設定した。この地域の 1994 年 ~ 2003 年における年間降水量の平均は 1,539mm, 年平均気温は 15.3°C (気象庁, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, 東京都, 府中より計算), 吉良 (1948) の提示した暖かさの指数 (WI) は 178.8, 寒さの指数 (CI) は -0.6 で暖温帯に属する (吉良 1976)。

この調査区は多摩丘陵の一部に位置する里山地域であり、社寺林としての照葉樹林, 昔は雑木林として利用され, 一部は現在もボランティアや市によって管理されている落葉広葉樹を主とする二次林, 畑, その周辺の刈り取り草地, 学校や住宅地など, さまざまな土地利用様式が存在する。

2. 対象種の決定

調査区内のさまざまな植生を通るように約 7km の調査ルートを設定し, 2001 年 3 月から 9 月までに時期を違えて 11 回踏査し, 出現した維管束植物種を記録した。ここには自生種のほか野生化したと判断した栽培種も含めた。この記録に, 他の目的で行った調査地域内の植生調査 (2001 年 5 月 21 日 ~ 6 月 1 日, 8 月 1 日 ~ 13 日, 9 月 28 日 ~ 10 月 8 日) に出現した種も加えて (Tanaka and Koike in press), 合計で 481 種の維管束植物の生育を確認した。この中から乱数表を用いて 139 種をフェノロジー調査の対象種として抽出した。ここから着花 (flowering) や着果 (fruiting) の判定を種子植物と同等に行えなかったシダ植物, さらに, 出現が希であるために再発見が困難であった種や, 繁殖サイズに達した個体が調査区に存在しないなどの理由で着葉 (in-leaf), 着花, 着果のいずれかが一度も記録できなかった種を解析から除外した。その結果, 最終的に残った 55 種を, 今回解析に用いた (Appendix 1)。

3. フェノロジー調査

調査ルートに沿って, 対象種の着葉, 着花, 着果を記録した。着葉は展開中の葉をつける状態から個体が着ける葉の約 8 割 (目視により判断) が落葉した状態までを含み, 着花には開花直前の展開中のつぼみやスミレ類等の閉鎖花, 着果には未熟な果実も含まれている。不時現象を避けるため, 2 個体以上で確認された場合に, その種は着葉, 着花, 着果しているとみなした。調査個体は特定していないため, 1 年草や落葉性の草本などでは発見できない時期がある。このため 1 個体も確認できなかった場合 (もしくは 1 個体しか確認できなかった場合) は, 休眠している (葉, 花, 果実なし) とみなした。

フェノロジー調査は, 2001 年 3 月 ~ 2004 年 3 月までの約 3 年間に月 1 回 ~ 2 回ごとで合計 49 回行った (ただし, 2001 年 10 月, 2002 年 1 月, 2 月, 2003 年 10 月, 2004 年 1 月は調査せず) (Appendix 2)。なお, フロラ調査は 2001 年 3 月から開始しており, この期間に新たに発見されてフロラに加えられた種は, それ以前の調査では休眠していた (葉, 花, 果実なし) と判断した。

4. 多変量解析による生物学的季節の分類

1 回のフェノロジー調査を 1 サンプルとし, 種ごとの着葉, 着花, 着果の状態をそれぞれ 0 (なし) および 1 (あり) の質的変数とした。データセットにおける変数の数は種数 × 3 (着葉, 着花, 着果), サンプル数は調査回数 (49) である。

生物学的季節区分では, TWINSPAN (Hill 1979) によりフェノロジー調査日をグループ分けした。TWINSPAN はバイナリーデータを用いた分割型のクラスター分析であり, 類似度の高いサンプルを順次統合して行く一般的な統合型のクラスター解析に比べ, 大きなグループ分けをするのに優れているため, 植生の区分に頻繁に使われている (Hammersmark et al. 2009; Pajunen et al. 2010; Tichý et al. 2010)。この研究では再分割を停止して統計的に有意な生物学的季節を認識するため, χ^2 検定により, 2 群間に有意差 ($p < 0.05$) が認められた分割を使用した。

また, 区分された生物学的季節どうしの関係性を理解するため, 同じデータセットを用い, 種ごとの着葉, 着花, 着果を変数として主成分分析 (SPSS12.0J, SPSS, 東京) を行い, 調査日 (49 サンプル) を主成分座標上に展開した。

さらに, 区分された生物学的季節に特徴的な着葉, 着花, 着果を行う種を検出するため, 二項検定を行った。種ごとに, どの生物学的季節も着葉の確率は同じである (=全調査期間を通しての葉が付いていた

観察回数／全観察回数)と仮定した帰無モデルをもとに、着葉が観察された回数の確率分布を生物学的季節ごとに作成し、実際の着葉回数が下位2.5%を下回った場合を有意に少ない、上位2.5%を超えた場合を有意に多いとみなした(有意水準5%, 両側検定)。着花, 着果についても、同じ方法で検定を行った。

5. 植物種のフェノロジータイプのカテゴリ

この研究で区分された生物学的季節ごとの着葉・着花・着果のパターンに基づき、対象種をフェノロジータイプに分類した。まず対象種ごとに、どの生物学的季節でも着葉(着花, 着果)の確率(葉(花, 果実)が付いていた観察回数／当該生物学的季節の観察回数)は同じであると仮定した帰無モデルの着葉・着花・着果の頻度(期待値)を計算し、実際の頻度が期待値の何倍であるかを計算した。これらの数値を変数として分割型のクラスター分析により対象種を分類した。この解析では基本的に質的変数のみを受け付けるTWINSPANではなく量的な変数を利用できる座標付け分割法(<http://www13.ocn.ne.jp/~minnagis/>)を使用した。この解析においても χ^2 検定を行い、2群間に有意差($p < 0.05$)が認められた分割を使用した。

また、区分されたフェノロジータイプの特徴を明らかにするため、対象種の生活型(1, 2年生草本 annual and biennial herb, 多年生草本 perennial herb, 木本 woody plant), 送粉型(風媒 anemophily, 動物媒 zoophily), 散布型(重力散布 barochory, 風散布 anemochory, 動物被食散布および複合動物散布 endozoochory and synzoochory, 自動散布 autochory, 動物付着散布 epizoochory), 果実型(乾果 dry fruit, 液果 sap fruit), 個葉の寿命(leaf longevity)についてフェノロジータイプごとの種数を集計した。これらの生態特性は野外における観察をもとに判定し、生活型および果実型については、調査時の観察に加え、文献(佐竹・大井他 1981, 1982a,b; 佐竹・原他 1989a,b)で確認を行い、送粉型については花の形態から、種子散布型については果実や種子の形態から判断した(Appendix 1)。

6. 生物学的季節と気象

多変量解析で認識された生物学的季節と、気温や日長との間の関係を検討した。気温は日々の変動が激しいため、調査日を含めた前7日間の日平均気温の移動平均(running mean)を調査日の値とした。データは、気象庁のホームページ(<http://www.data.kishou.go.jp/etrn/index.html>, 東京都府中)から入手した。また、日長は国立天文台のホー

ムページ(<http://www.nao.ac.jp/koyomi/koyomix/koyomix.html>, 東京(東京都))より調査当日における時間を計算した。

結果

1. 生物学的季節区分

調査地における49回の調査資料(Appendix 2)はTWINSPANによって5つの生物学的季節に分割された(Fig. 1)。年によって違いはあるが、生物学的季節I(biological season I)はおよそ12月～2月、生物学的季節II(biological season II)は3月、生物学的季節III(biological season III)は4月～6月上旬、生物学的季節IV(biological season IV)は6月下旬～8月上旬、生物学的季節V(biological season V)は8月下旬～11月である。

主成分分析で得られた平面上では、季節I, 季節II, 季節IIIとPC2軸に沿って変化し、季節IIIを屈曲点として季節III, 季節IV, 季節VとPC1軸に沿って変化した(Fig. 2)。季節Vと季節Iの間は連続せず距離が開いている。PC1軸の寄与率は17.1%, PC2軸の寄与率は14.4%だった。

分割された生物学的季節ごとに植物種の着葉, 着花, 着果の状態を見てみると、季節I(12月～2月)は全体的に着葉率, 着花率, 着果率が低い状態にある(Fig. 3)。エゴノキ *Styrax japonicus* Siebold et Zucc., コナラ *Quercus serrata* Thunb. ex Murray, カマツカ *Pourthiaea villosa* (Thunb.) Decne. var. *laevis* (Thunb.) Stapf などの木本植物やタケニグサ *Macleaya cordata* (Willd.) R.Br., タチシオデ *Smilax nipponica* Miq., ヤマユリ *Lilium auratum* Lindl. など多くの草本植物が着葉しておらず、他の生物学的季節と比較して有意に異なり、休眠状態にある植物が多い生物学的季節である(Table 1)。また、ヒサカキ *Eurya japonica* Thunb. の着花, ホトケノザ *Lamium amplexicaule* L. の着果が特徴的である。

季節II(3月)は、季節Iと比較して着葉率, 着花率が上昇傾向を示し(Fig. 3)、季節Iに葉を着けていなかった多くの植物の着葉が見られ始める生物学的季節であるが、タチシオデ, ヤマユリ, ヒヨドリバナ *Eupatorium chinense* L.などはまだ着葉に至っていない(Table 1)。ヒメウスミレ *Semiplegia adoxoides* (DC.) Makino, アオイスミレ *Viola hondoensis* W. Becker et H. Boissieu, クサボケ *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach などの草地植物の着花が有意であった(Table 1)。

季節III(4月～6月上旬)は、一年のうちで最も多くの植物が着花している生物学的季節で

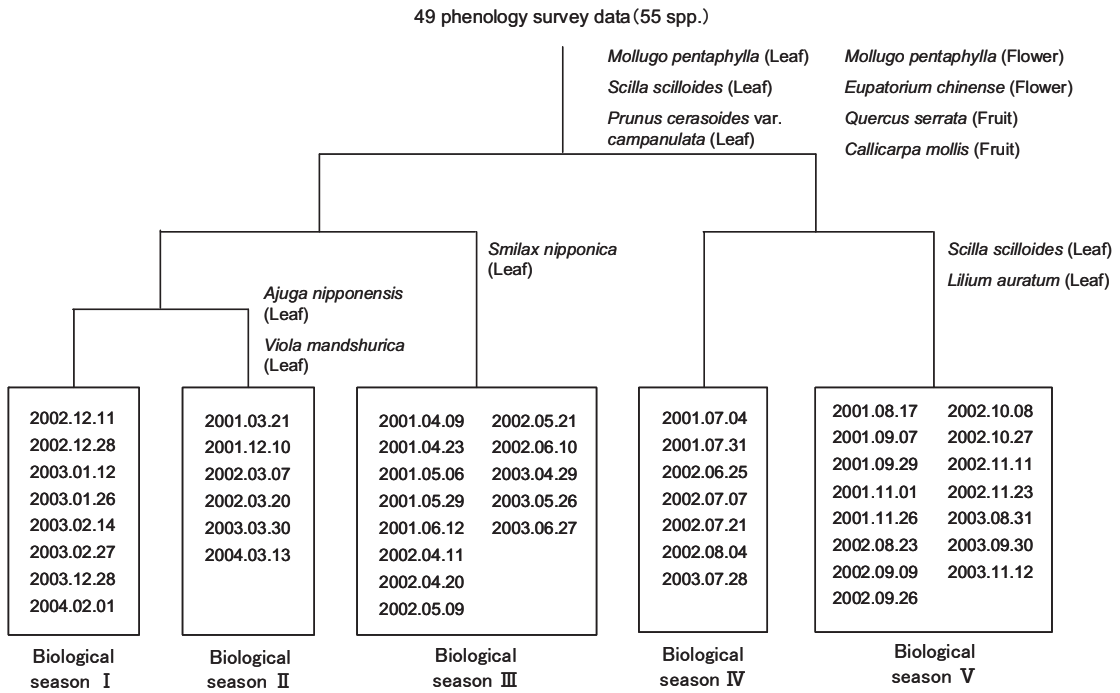


Fig. 1. Biological seasons identified using TWINSpan classification. Totally 49 phenological surveys were classified into biological seasons based on plant phenology of leaf, flower and fruit. Species names with organ (leaf, flower and fruit) represent the specific indicator at each division. Numbers in boxes are “year. month. day” of surveys.

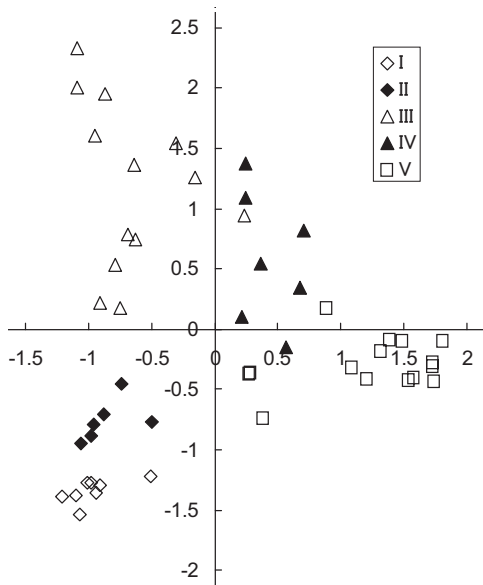


Fig. 2. Principal component analysis of 49 phenological surveys. The first axis, PC1, explained 17.1% of the variance of the data and the second axis, PC2, explained 14.4% of the variance. Each point represents one survey, and five seasons classified by TWINSpan are shown. I to V represent biological seasons.

ある (Table 1, Fig. 3)。エゴノキ, ニシキギ *Euonymus alatus* (Thunb.) Siebold, マユミ *E. sieboldianus* Blume, ヤブムラサキ *Callicarpa mollis* Siebold et Zucc., などの木本植物やカニツリグサ *Trisetum bifidum* (Thunb.) Ohwi, トボシガラ *Festuca parvigluma* Steud., オヤブジラミ *Torilis scabra* (Thunb.) DC., ジュウニヒトエ *Ajuga nipponensis* Makino などの草本植物の着花が有意だった (Table 1)。また, オオイヌノフグリ *Veronica persica* Poir., アメリカフウロ *Geranium carolinianum* L., ヒメウズ, ヤブタバコ *Lapsana humilis* (Thunb.) Makino などは, 着花, 着果ともに有意に多い。

季節 IV (6月下旬~8月上旬) は, 全種でみると着葉, 着花, 着果ともにいったん減少する生物学的季節である (Fig. 3)。ヤマユリやヒヨドリバナ, タケニグサ, ザクロソウ *Mollugo pentaphylla* L. などの草本植物がほかの生物学的季節に比べて有意に花をつけた (Table 1)。また, ニガナ *Ixeris dentata* (Thunb. ex Murray) Nakai, フタリスズカ *Chloranthus serratus* (Thunb.) Roem. et Schult., その他季節 III に着花した植物の多くが季節 IV に着果した (Table 1)。ヒメウズ, ヤブタバコ, ハナイ

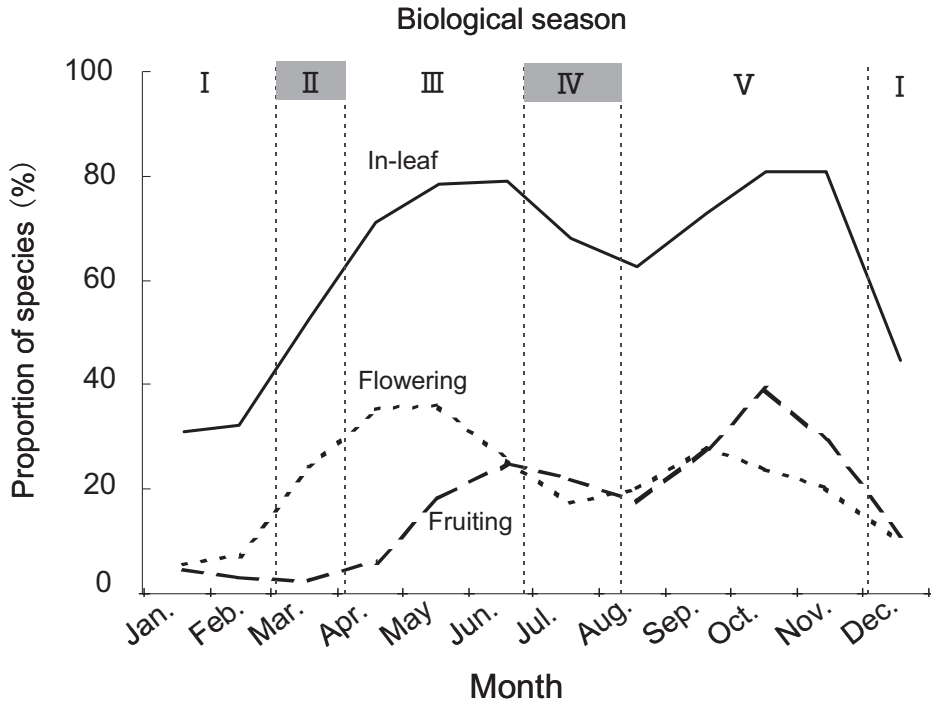


Fig. 3. Seasonal variation of in-leaf, flowering, or fruiting proportion for species.

バナ *Bothriospermum tenellum* (Hornem.) Fisch. et C.A.Mey. が着葉していないことが季節IVに有意で、これらの種は高温の季節IVを休眠期としていた。長い花期を持つホトケノザの着花もこの季節IVには欠落していた (Table 1)。

季節V (8月下旬～11月) は、一年を通して2度目の着葉・着花・着果の集中する時期であり (Fig. 3)、もっとも多くの植物が結実している生物学的季節である。ツリガネニンジン *Adenophora triphylla* (Thunb. ex Murray) A.DC. var. *japonica* (Regel) H. Hara, ツルボ *Scilla scilloides* (Lindl.) Druce などが着花・着果する。またスタジイ *Castanopsis sieboldii* (Makino) Hatus. ex T. Yamaz. et Mashiba, コナラ, ヤブムラサキなどの木本種や、タチシオデ, ヤマユリ, ザクロソウ, ヒヨドリバナなどの季節IIIや季節IVに着花した草本種の着果が有意に多い (Table 1)。ただし、季節Iから季節IVまで開花しているオオイヌノフグリ, 特に季節IIIに高い確率で開花しているハルジオン *Erigeron philadelphicus* L., アメリカフウロ, ヒメウズの着花は、季節Vには有意に少なかった (Table 1)。

2. 生物学的季節と気温・日長

気温が上昇する期間には季節II, III, IVの3季が存在した。しかし気温が低下する期間は、3年間で1回だけ観察された季節IIを例外とすれば季節Vただ1季のみであった (Fig. 4)。

季節Iは最も低温の時期ですべて7°C以下であり、隣接する季節 (IIおよびV) とは気温で区分された (Fig. 5破線A)。季節IIから季節IIIにかけても気温は上昇しているが、両季節の境界は気温と日長のどちらでも説明可能であったため、要因を特定することはできなかった (Fig. 5破線C, D)。季節IIIから季節IVにかけても気温が上昇し、季節IVは最も暑い時期にあたるが、両季節の境界が気温と日長のどちらで決まるのかは判断できなかった。季節Vは気温降下期であるが、先行する季節IVとの境界は日長によって区分された (Fig. 5破線B)。

3. フェノロジータイプの分類

生物学的季節ごとの着葉・着花・着果パターンによって対象種55種をフェノロジータイプに分類した結果、6つのタイプに分類された (Table 1)。また調査日における着葉率, 着花率, 着果率をタイプごとに集計し、月ごとの平均値を Fig. 6に示した。

Table 1. The proportion of actual/expected frequency of in-leaf, flowering, and fruiting in each biological season divided by TWINSPAN

Species	Phenology type	Biological season															
		season I (leaf)	season II (leaf)	season III (leaf)	season IV (leaf)	season V (leaf)	season I (flower)	season II (flower)	season III (flower)	season IV (flower)	season V (flower)	season I (fruit)	season II (fruit)	season III (fruit)	season IV (fruit)	season V (fruit)	
<i>Veronica persica</i>	Type 1	1.02	1.02	1.02	0.88	1.02	1.23	1.4	1.4	1.4	0.8	0.47	1.08	0	2.22	1.65	0
<i>Oxalis corniculata</i>	Type 1	0.43	1.14	1.14	1.14	1.06	0	0.47	1.4	1.4	1.21	0	0	0	0.98	1.52	1.7
<i>Trachycarpus fortunei</i>	Type 1	1	1	1	1	1	0	0	3.77	0	0	2.04	0	0	0	1.56	1.45
<i>Gnaphalium affine</i>	Type 1	1.04	1.04	1.04	0.89	0.97	0.19	0.49	1.37	1.27	1.19	0	0	0	1.26	2.33	1.09
<i>Erigeron philadelphicus</i>	Type 1	1.04	0.87	1.04	0.89	1.04	0	1.63	2.45	0.35	0.33	0	0	0	1.26	4.67	0
<i>Myosoton aquaticum</i>	Type 1	1.17	1.17	1.17	0.83	0.78	0.63	1.13	1.43	0.72	0.9	0.51	0.68	0.63	2.92	2.92	0.82
<i>Cardamine flexuosa</i>	Type 1	1.48	1.24	0.91	0.42	0.99	1.07	1.78	0.82	0.3	1.14	1.23	1.09	1.26	0	1.09	0
<i>Eurya japonica</i>	Type 1	1	1	1	1	1	2.83	2.51	0	0	0.75	0.56	0.74	0.34	1.27	1.78	0
<i>Lamium amplexicaule</i>	Type 1	1.29	1.29	1.19	0.55	0.77	1.59	1.81	1.26	0	0.6	4.08	1.81	0	0	0	0.36
<i>Geranium carolinianum</i>	Type 1	1.32	1.32	1.22	0.57	0.71	0	0	2.9	1.62	0	0	0	2.93	1.56	0	0
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	Type 1	0.6	1	1.1	1.02	1.12	0	0	3.77	0	0	1.23	3.27	0.75	1.4	0	0
<i>Scutellaria brachyspica</i>	Type 1	0	1.81	1.68	0.39	0.91	0	2.04	2.83	0	0	0	1.17	2.15	1	0.47	0
<i>Semioquilegia adoxoides</i>	Type 1	1.36	1.36	1.26	0.19	0.82	0.38	2.55	2.12	0.44	0	0	0	3.77	0	0	0
<i>Lapsana humilis</i>	Type 1	0.98	0.65	1.51	0	1.18	0	0	3.35	0	0.36	0	0	3.77	0	0	0
<i>Bothriospermum tenellum</i>	Type 1	0.28	1.86	1.54	0	1.04	0.34	1.36	1.68	0	1.09	0.77	2.04	0.94	0	1.23	0
<i>Chaenomeles japonica</i>	Type 2	0.56	1.11	1.11	0.95	1.11	0	3.4	1.57	0	0.54	0	0	3.77	0	0	0
<i>Viola hondoensis</i>	Type 2	1.07	0.89	0.9	1.07	1.07	0	4.67	0	0	1.4	0	0	1.51	2.8	0.65	0
<i>V. mandshurica</i>	Type 2	0	1.17	1.08	1.4	1.21	0	2.55	1.18	0	1.23	0	0	1.26	2.33	1.09	0
<i>V. grypoceras</i>	Type 2	1.02	0.85	1.02	1.02	1.02	0.74	1.63	0.75	0.56	1.31	0	0	1.79	2	0.78	0
<i>Spiraea thunbergii</i>	Type 2	0.88	1.17	1.08	1	0.93	1.23	4.9	0.75	0	0	0	0	3.77	0	0	0
<i>Carpinus tschonoskii</i>	Type 2	0	0.68	1.26	1.17	1.36	0	4.08	1.88	0	0	1.02	0.45	0.42	1.17	1.63	0
<i>Prunus cerasoides</i> var. <i>campanulata</i>	Type 2	0	0	0.75	1.75	1.8	0	8.17	0	0	0	0	0	3.77	0	0	0
<i>Torilis scabra</i>	Type 3	0.38	1.53	2.36	0.88	0	0	0	3.77	0	0	0	0	2.93	1.56	0	0
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	Type 3	1.23	0.41	1.88	0.35	0.65	0	0	3.77	0	0	0	0	2.51	2.33	0	0
<i>Trisetum bifidum</i>	Type 3	0	0	2.74	1.91	0	0	0	3.77	0	0	0	0	1.51	4.2	0	0
<i>Festuca parvigluma</i>	Type 3	0	0	2.74	1.91	0	0	0	3.77	0	0	0	0	1.88	3.5	0	0
<i>Rumex japonicus</i>	Type 3	0	1.42	1.8	0.91	0.71	0	0	2.51	2.33	0	0	0	1.26	4.67	0	0

<i>Ixeris dentata</i>	Type 3	0.81	0.86	1.19	1.29	0.86	0 -	0	2.18 +	2.21 +	0.34	0	0	1.26	4.67 +	0
<i>Rubus parvifolius</i>	Type 3	0.45 -	0.8	1.1	1.2	1.2	0	0	3.02	1.4	0	0	0	0	7	0
<i>Chloranthus serratus</i>	Type 3	0 -	0 -	1.41	1.31	1.43 +	0	0	2.61 +	0.54	0.75	0	0	0.54	6 +	0
<i>Styrax japonicus</i>	Type 4	0 -	0.45	1.36 +	1.36	1.27	0	0	3.77 +	0	0	0	0	0.89	2.47 +	1.35
<i>Pourthiaca villosa</i> var. <i>laevis</i>	Type 4	0 -	0.31	1.59 +	1.08	1.26	0	0	3.77	0	0	0	0	0	0	3.27
<i>Ajuga nipponensis</i>	Type 4	0 -	1.05	1.26	1.26	1.17	0	0.82	3.39 +	0	0	0	0	3.77 +	0	0
<i>Quercus serrata</i>	Type 4	0.16 -	0.43	1.29	1.29	1.29 +	0	2.72	2.51	0	0	0	0	0 -	1	2.8 +
<i>CalliCARPA mollis</i>	Type 4	0 -	0.48	1.22	1.44	1.35	0	0	3.77 +	0	0.34	0	0	0 -	2.33 +	2 +
<i>Castanopsis sieboldii</i>	Type 4	1	1	1	1	1	0	0	3.77	0	0	0	0	0	0.78	2.9 +
<i>Euonymus alatus</i>	Type 4	0 -	0.3	1.68 +	1.3	1.09	0	0	3.77 +	0	0	0	0	1.62	1	1.4
<i>E. sieboldianus</i>	Type 4	0.32 -	1.07	1.29	1.11	1.03	0	0	3.77 +	0	0	0.82	0	0.25	2.33	1.52
<i>Maclaya cordata</i>	Type 5	0 -	0.47	1.4 +	1.2	1.31	0	1.17	0.54	5 +	0	0	0	0	2.63	2.04
<i>Smilax nipponica</i>	Type 5	0 -	0 -	1.44 +	1.24	1.44 +	0	0	1.88	3.5	0	0	0	0	0	3.27 +
<i>Lilium auratum</i>	Type 5	0 -	0.24 -	1.44 +	1.24	1.35	0	0	1.26	3.89 +	0.36	0	0.58	0 -	0	3.03 +
<i>Mollugo pentaphylla</i>	Type 5	0 -	0	0.19 -	2.45 +	1.96 +	0	0	0.21 -	2.72 +	1.81 +	0.44	0	0 -	1.5	2.33 +
<i>Eupatorium chinense</i>	Type 5	0 -	0 -	1.22	1.58	1.48 +	0 -	0	0.4	2.58 +	1.72	0	0	0	0	3.27 +
<i>Oenothera biennis</i>	Type 6	0.71	0.76	1.14	1.14	1.06	0	0	0	1.75	2.45 +	0	0	0	0	3.27 +
<i>Ruaibeckia hirta</i> var. <i>putcherrina</i>	Type 6	0.41	0.82	0.88	1.4	1.31	0	0	0.75	1.87	1.74	0	0	0	0	3.27
<i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>asiatica</i>	Type 6	0.23 -	0.91	0.84	1.56	1.33	0	0	0	0	3.27 +	1.53	0	0	0	2.45
<i>Geranium nepalense</i> subsp. <i>thunbergii</i>	Type 6	0.64	1.07	0.99	1.11	1.12	0	0	0	0	3.27 +	1.02	0	0	0	2.72
<i>Adenophora triphylla</i> var. <i>japonica</i>	Type 6	0 -	0.91	1.26	1.17	1.27	0	0	0	0	3.27 +	0	0	0	0	3.27 +
<i>Sanguisorba officinalis</i>	Type 6	0 -	0.86	1.29	1.11	1.29 +	0	0	0	0	3.27 +	0	0	0	0	3.27
<i>Euphorbia maculata</i>	Type 6	0	0	0 -	1.5	2.57 +	0	0	0	0.88	2.86 +	0	0	0	0	3.27 +
<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	Type 6	0	0	0.69	2.55	1.48	0	0	0	0	3.27	0	0	0	0	3.27
<i>Sporobolus fertilis</i>	Type 6	0	1.36	0.31	0	2.45 +	0	0	0	0	3.27	0	0	0	0	3.27 +
<i>Pennisetum alopecuroides</i>	Type 6	0.44	0.58	0 -	0	2.8 +	0	0	0	0	3.27 +	0	0	0	0	3.27 +
<i>Scilla scilloides</i>	Type 6	0	0	0 -	0	3.27 +	0	0	0	0	3.27 +	0	0	0	0	3.27 +
<i>Allium tuberosum</i>	Type 6	0	0	0	0	3.27 +	0	0	0	0	3.27 +	0.68	0	0	0	2.9 +

Actual frequency is the proportion of (number of surveys in which in-leaf, flowering, or fruiting was recorded) / (total number of surveys) for the focal season. Expected frequency is the proportion for throughout year. Species are listed based on the phenology type. Signs indicate significant differences between actual frequency and expected frequency detected using binomial test. +, actual>expected; -, actual<expected; —, actual=expected; both in p<0.05.

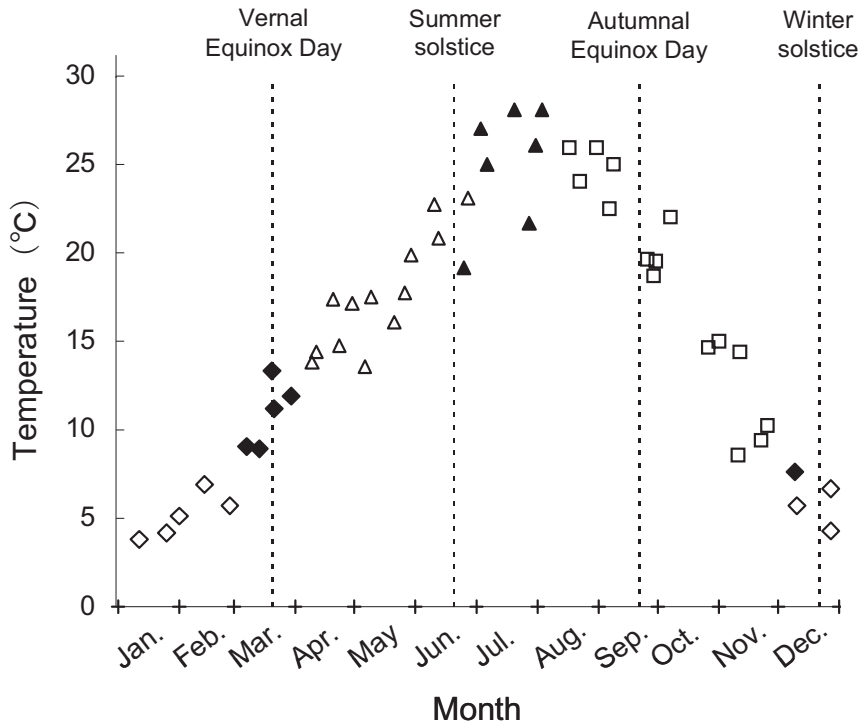


Fig. 4. Temperature and detected biological seasons (\diamond = I, \blacklozenge = II, \triangle = III, \blacktriangle = IV, \square = V) of Hino, Tokyo. Running mean temperature for 7 days prior to the survey was used (Japan Meteorological Agency, <http://www.data.kishou.go.jp/etrn/index>. Futyu, Tokyo).

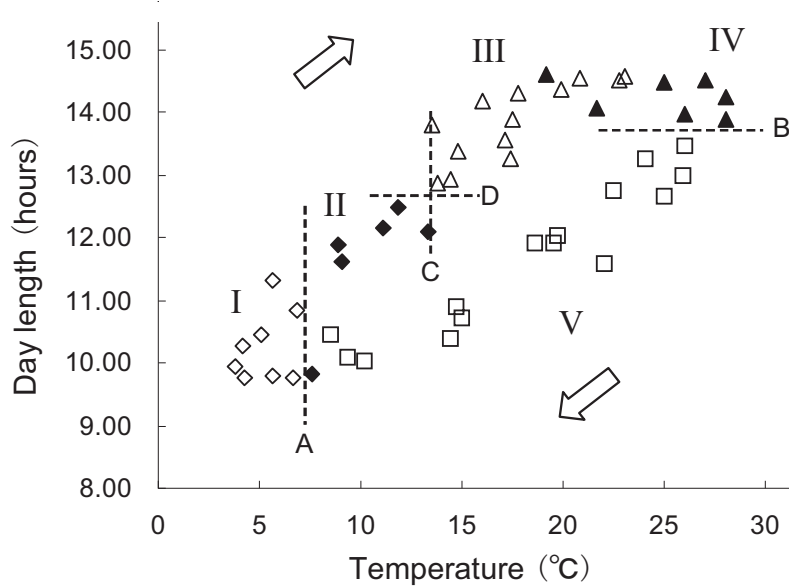


Fig. 5. Effects of day length and temperature on the biological seasons. Phenological surveys are plotted. Two arrows represent seasonal sequence. I to V represent biological seasons (\diamond = I, \blacklozenge = II, \triangle = III, \blacktriangle = IV, \square = V). Horizontal broken lines represent the possible threshold day length between biological seasons (B, D), and vertical broken lines represent the possible threshold temperature between biological seasons (A, C).

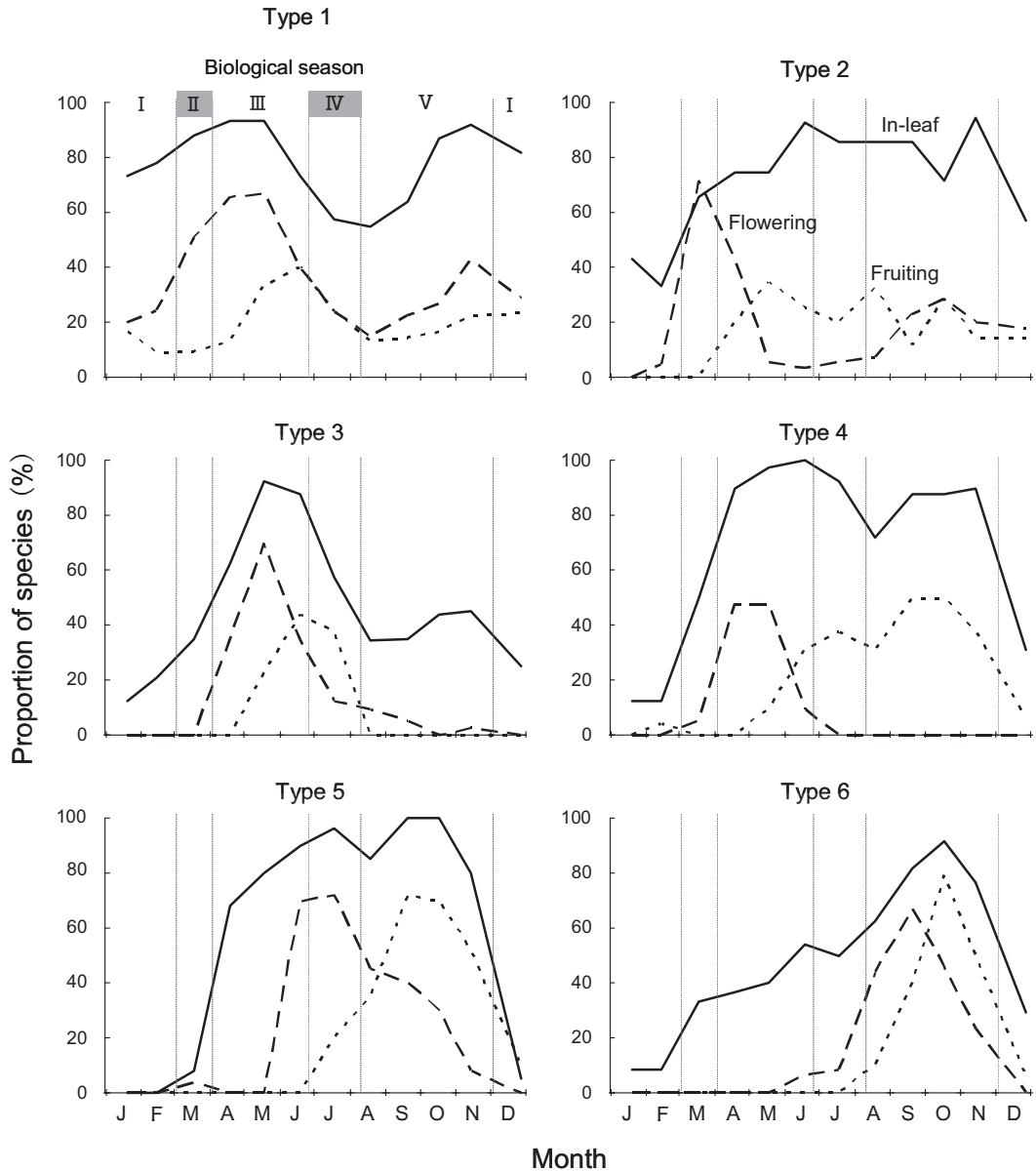


Fig. 6. Seasonal variation of in-leaf, flowering, or fruiting species proportion for each phenology type. I to V represents biological seasons.

Type1には一年草や二年草が有意に多く含まれ (Table 2), オオイヌノフグリ, ハハコグサ *Gnaphalium affine* D. Don, ウシハコベ *Myosoton aquaticum* (L.) Moench, タネツケバナ *Cardamine flexuosa* With., ホトケノザなどの15種が分類された (Table 1)。Type1は年間を通して着葉率が高く, 季節IVから季節Vのはじめにかけての高温期に着葉率が低くなる時期があるが, 50%を下回ることはない (Fig. 6)。着花率は気温上

昇期の季節IIから季節IIIに最も高いが, 気温が低下した季節Vの後半にも小さなピークがある。着果の中心は季節IIIから季節IVである (Fig. 6)。

Type2には, アオイスミレ, スミレ *Viola mandshurica* W.Becker, タチツボスミレ *V. grypoceras* A.Grayなどのスミレ類を含む7種が分類された (Table 1)。季節IIから季節Vにかけて高い着葉率が維持され, 着花は季節IIに集中し, 着果は閉鎖果も含めて季節IIIから季節Vのあいだに

継続して見られる (Fig. 6)。

Types 3, 5, 6 はともに多年生草本植物が主であり、特に Type 6 は多年生草本植物が有意に多かった (Table 2)。Type 3, 5, 6 の順に開花・結実が進行するが、Type 3 は気温上昇期 (季節 III) に着花率がピークとなり、直後の季節 III 後半から高温期の季節 IV にかけて着果率がピークとなるのに対し、Type 5 は高温期 (季節 IV) に着花し、着果は時間をおいて気温低下期 (季節 V) に入ってからピークとなる。Type 6 は気温低下期 (季節 V) に着花・着果し、着花期と着果期は近接している (Table 1, Fig. 6)。Type 3 には、オヤブジラミ、カニツリグサ、トボシガラなど 8 種が分類され、Type 5 には、タチシオデ、ヤマユリ、ヒヨドリバナなど 5 種が分類された。また Type 6 には、アキノキリンソウ *Solidago virgaurea* L. subsp. *asiatica* Kitam. ex H.Hara, ツリガネニンジン、ワレモコウ *Sanguisorba officinalis* L., ツルボなど 12 種が分類された。

Type 4 はエゴノキ、カマツカ、コナラなど 8 種が分類され、木本植物が有意に多かった (Table 2)。季節 III から季節 V に着葉しているが着花は季節 III に集中し、季節 IV から季節 V に着果する。着花と着果のピーク間の時間は Type 5 よりさらに長

い (Fig. 6)。

これらのフェノロジータイプは生活型との有意な関係が見られ、種子散布型とも一部に関係が見られたが、送受粉タイプや果実の特性、個葉の寿命との間には有意な関係は見られなかった (Table 2)。

考察

本研究で得られた生物学的季節は 5 季であり、太陽の運行で決められた天文学的季節とは 1 対 1 に対応せず、またそれぞれの生物学的季節には期間長に違いがあった (Fig. 7)。生物学的な季節 I は天文学的な冬と同程度の期間であるものの、20 日ほど遅く始まり、遅く終わる。季節 II は天文学的な春の中心に位置するが、期間は 3 分の 1 以下である。季節 III は天文学的春の後半から天文学的夏の前半に位置する。季節 IV は天文学的夏の後半に対応する。季節 V はほぼ天文学的秋に対応するが、天文学的冬の前半部にもかかり、ひと月分ほど長い。

なお、今後の野外研究で生物学的な季節を用いる場合には単なる記号では不便であるため、ここでは生物学的冬 (季節 I)、生物学的早春 (季節 II)、生物学的春 (季節 III)、生物学的夏 (季節 IV)、生物学的秋 (季節 V) の呼称を提案したい。

生物学的季節の数は、気温の上昇期で多いのに対

Table 2. Numbers of plant species belonging to phenology types seen by each ecological traits (Table 1, Fig. 6)

Ecological traits	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Sum	Ratio %
Life form								
Annual and biennial herb	8+	0	2	0	1	2	13	23.6
Perennial herb	4	3	5	1	4	10+	27	49.1
Woody plant	3	4	1	7+	0	0-	15	27.3
Pollination								
Anemophily	1	1	4	3	0	4	13	23.6
Zoophily	14	6	4	5	5	8	42	76.4
Propagule dispersal								
Barochory	8	4	5	1-	2	10	30	54.5
Anemochory	2	1	1	0	2	1	7	12.7
Endozoochory and synzoochory	3	2	1	7+	1	0-	14	25.5
Autochory	2	0	0	0	0	1	3	5.5
Epizoochory	0	0	1	0	0	0	1	1.8
Fruit type								
Dry fruit	12	5	6	5	4	12	44	80
Sap fruit	3	2	2	3	1	0	11	20
Leaf longevity								
< year	13	7	8	7	5	12	52	94.5
≥ year	2	0	0	1	0	0	3	5.5
Number of species for types	15	7	8	8	5	12	55	

Signs indicate significant differences between actual frequency and expected frequency detected using binomial test. +, actual>expected; -, actual<expected; both in $p<0.05$.

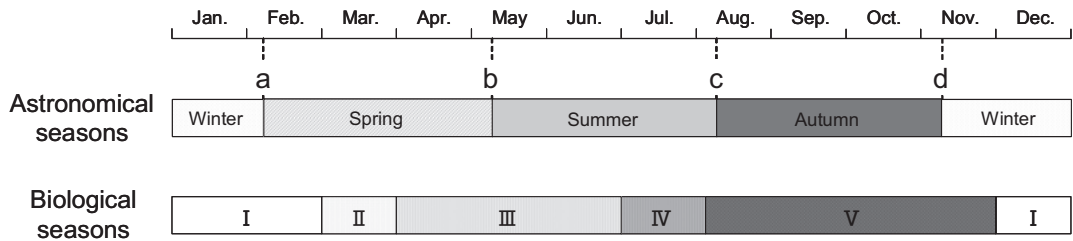


Fig. 7. Comparison between astronomical seasons and biological seasons. a, the first spring day ; b, the first summer day ; c, the first autumn day ; d, the first winter day.

して (季節 II, III, IV), 気温の下降期では少ない (季節 V) (Figs. 4, 5)。草地などでは気温の上昇期に草丈の上昇に合わせて優占する植物種も変わって行くが (Monsi and Saeki 1953 ; Iwaki et al. 1964), 気温の下降期には草丈が高い状態のまま枯死していき, 葉群構造があまり変化しないため, 被陰によって低い草丈の種の生育が妨げられ続けることも, この原因のひとつかもしれない。

生物の代謝や生長にとって安全で好適な温度の範囲は 5℃ ~ 25℃ であり (Larcher 1999), 6℃ 以下に位置して (Fig. 5 破線 A) 多くの種が休眠する季節 I (Fig. 6) はほぼ生理的好適温度以下であるため, 低温期の季節の移行が気温によっているのは確実であろう。また, 最も高温で開花・結実種の比率が低下し一部の種で休眠が見られる季節 IV の一部は (Fig. 6), 高温のために不適である 25℃ 以上の領域 (Larcher 1999) に含まれている (Fig. 5)。しかし, 季節 III と季節 IV の境界で鍵となる要因が気温であるのか日長であるのかは, 今回の研究では不明瞭であった (Fig. 5)。また光周性が植物の生長・発達過程に影響を与えることも知られているが (Larcher 1999), 高温期間中に見られる季節 IV から季節 V への進行は日長が鍵になっており (Fig. 5 破線 B), Type6 の種群は日長をもとに開花・結実を開始することで効果的な生殖のタイミングをはかっていると考えられる (Fig. 6)。

気温上昇期の季節 II に分類される観察データが, 気温低下期である 12 月上旬の季節 V から季節 I に推移するあいだに 1 回得られている (Figs. 1, 4, 5)。これは季節 V に生育していた Type6 の種群などが枯死したあと, 一時的な気温上昇などにより, 季節 II を主な着葉・着花期とするが季節 V の後半にも着葉・着花が可能なハナイバナなどの Type1 の種群やスマレ類などの Type2 の種群の着葉・着花が顕在化し, 季節 II に近い状態となっていたと考えられる (Fig. 6)。

植物種のフェノロジータイプは生活型と強く関係していたが, それ以外の送受粉や果実形質などの生

態特性との関係はみられなかった (Table 2)。ただし動物による種子散布は, 木本植物が卓越する Type4 で有意に多く, 多年生草本植物が卓越する Type6 で有意に少なかったが, この現象は動物散布が木本植物で多く多年生草本植物で少ないことによって, フェノロジーと種子散布型に見かけの相関を生じた可能性もある。

今回の対象種の多年生落葉植物は低温期に着葉していないものが多かったが (Table 1), 逆に低温期の季節 I に根生葉をつけ, 高温期の季節 IV に着葉していない多年生草本植物 (ヒメウス, 季節 IV の着葉観察確率 0.14, 季節 I の着葉観察確率 1.0) が確認された (Table 1)。一方, 高温期である季節 IV のみ生育が見られない一年生草本植物 (ヤブタビラコ, 季節 IV の着葉観察確率 0.0, IV 以外の平均着葉観察確率 0.55 ; ハナイバナ, 季節 IV の着葉観察確率 0.0, IV 以外の平均着葉観察確率 0.53) もあった (Table 1)。また, 越冬して天文学的春に開花する 1 年生の耕地雑草植物であるオオイヌノフグリは, 高温期の季節 IV にも着葉していることが多く (着葉観察確率の最低値は季節 IV の 0.86), 個葉の寿命は短く個体としての寿命も 1 年以内であるものの, ほぼ通年にわたり着葉が記録され (Table 1), 本調査地では通年性一年草 (year-long annuals) (工藤 2003) に該当すると考えられる。

今後はさまざまな地域の生物学的季節区分を行って日本における生物学的季節の全体像を把握していくことが望ましい。またひとつの地点では日長と気温の相関が高いため影響の分離が難しい場合があるが, 緯度 (日長) と標高 (気温) の組み合わせが違ってくる地域を比べることで, 生物学的季節の進行において気温と日長のどちらが鍵であるのかを, さらに明らかにすることができる可能性がある。

謝辞

本稿の執筆に当たり, 元横浜国立大学教授の菊池多賀夫先生には非常に多くのご意見・ご指摘をいただいた。深く感謝申し上げる。本研究の一部は,

21世紀COEプログラム「生物・生態環境リスクマネジメント」から資金の支援を受けた。

引用文献

- Chidumayo, E. N. 2006. Fitness implications of late bud break and time of burning in *Lannea edulis* (Sond.) Engl. (Anacardiaceae). *Flora* **201**: 588–594.
- 大後美保・鈴木雄次. 1947. 日本生物季節論. 217pp. 北隆館, 東京.
- Hammersmark, C. T., Rains, M. C., Wickland, A. C. and Mount, J. F. 2009. Vegetation and water-table relationships in a hydrologically restored riparian meadow. *Wetlands* **29**: 785–797.
- Hill, M. O. 1979. TWINSPAN, a FORTLAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. 48pp. Cornell University, Ithaca.
- Iwaki, H., Midorikawa, B. and Hogetsu, K. 1964. Studies on the productivity and nutrient element circulation in Kirigamine grassland, Central Japan II. Seasonal change in standing crop. *Bot. Mag. Tokyo* **77**: 447–457.
- 菊沢喜八郎. 2003. 生物季節学 phenology. 巖佐庸・松本忠夫・菊沢喜八郎・日本生態学会 (編). 生態学事典, pp.344–346. 共立出版, 東京.
- 吉良竜夫. 1948. 温量指数による垂直的な気候帯のわかちかたについて 日本の高冷地の合理的利用のために. *寒地農学* **2**: 143–173.
- 吉良竜夫. 1976. 陸上生態系 一概論一. 166pp. 共立出版, 東京.
- 国立天文台 (編). 2008. 理科年表 平成20年版. 1060pp. 丸善, 東京.
- 工藤 洋. 2003. 一年生植物, 多年生植物 annual plants, perennial plants. 巖佐庸・松本忠夫・菊沢喜八郎・日本生態学会 (編). 生態学事典, p.15. 共立出版, 東京.
- Kushwaha, C. P. and Singh, K. P. 2005. Diversity of leaf phenology in a tropical deciduous forest in India. *J. Trop. Ecol.* **21**: 47–56.
- Larcher, W. 1999. 佐伯敏郎 (監訳). 植物生態生理学. 375pp. シュプリンガー・フェアラーク東京, 東京.
- 百瀬成夫. 1998. 四季・動植物前線. 334pp. 技報堂出版, 東京.
- Monsi, M. and Saeki, T. 1953. Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Jpn. J. Bot.* **14**: 22–52.
- 中村和郎・木村竜治・内嶋善兵衛. 1986. 日本の気候. 237pp. 岩波書店, 東京.
- Pajunen, A. M., Kaarlejäriv, E. M., Forbes, B. C. and Virtanen, R. 2010. Compositional differentiation, vegetation-environment relationships and classification of willow-characterised vegetation in the western Eurasian Arctic. *J. Veg. Sci.* **21**: 107–119.
- Palacio, S. and Montserrat-Marti, G. 2007. Above and belowground phenology of four Mediterranean sub-shrubs. Preliminary results on root-shoot competition. *J. Arid Environ.* **68**: 522–533.
- 佐竹義輔・原 寛・亘理俊次・富成忠夫. 1989a. 日本の野生植物 木本 I, 321pp., 304pls. 平凡社, 東京.
- 佐竹義輔・原 寛・亘理俊次・富成忠夫. 1989b. 日本の野生植物 木本 II, 305pp., 288pls. 平凡社, 東京.
- 佐竹義輔・大井次三郎・北村四郎・亘理俊次・富成忠夫. 1981. 日本の野生植物 草本 I, 305pp., 208pls. 平凡社, 東京.
- 佐竹義輔・大井次三郎・北村四郎・亘理俊次・富成忠夫. 1982a. 日本の野生植物 草本 II, 318pp., 272pls. 平凡社, 東京.
- 佐竹義輔・大井次三郎・北村四郎・亘理俊次・富成忠夫. 1982b. 日本の野生植物 草本 III, 259pp., 224pls. 平凡社, 東京.
- 鈴木時夫. 1949. 台地草原の季節景観. *生態学研究* **12**: 38–41
- Tanaka, R. and Koike, F. in press. Prediction of species composition of plant communities in a rural landscape based on species traits. *Ecol. Res.*
- Tichý, L., Chytrý, M., Hájek, M., Talbot, S. S. and Botta-Dukát, Z. 2010. OptimClass: Using species-to-cluster fidelity to determine the optimal partition in classification of ecological communities. *J. Veg. Sci.* **21**: 287–299.
- Watanabe, R. 1978. Seasonal division based on the phenological records in two different climatological regions of Japan. *Bull. Inst. Nat. Educ., Shiga Heights, Shinshu Univ.* (17): 19–32.

(Received December 28, 2006; accepted October 5, 2010)

Appendix 1

Studied species and ecological traits. Life form (1, annual and biennial herb ; 2, perennial herb ; 3, woody plant), Pollination (1, anemophily ; 2, zoophily), Propagule dispersal (1, barochory ; 2, anemochory ; 3, endozoochory and synzoochory ; 4, autochory ; 5, epizoochory), Fruit (1, dry fruit ; 2, sap fruit), Leaf longevity (1, < year ; 2, > year)

Species	Japanese name	Life form	Pollination	Propagule dispersal	Fruit	Leaf longevity
<i>Veronica persica</i> Poir.	オオイヌノフグリ	1	2	1	1	1
<i>Oxalis corniculata</i> L.	カタバミ	2	2	4	1	1
<i>Trachycarpus fortunei</i> (Hook.) H. Wendl.	シュロ	3	1	3	2	2
<i>Gnaphalium affine</i> D. Don	ハハコグサ	1	2	2	1	1
<i>Erigeron philadelphicus</i> L.	ハルジオン	2	2	2	1	1
<i>Myosoton aquaticum</i> (L.) Moench	ウシハコベ	1	2	1	1	1
<i>Cardamine flexuosa</i> With.	タネツケバナ	1	2	1	1	1
<i>Eurya japonica</i> Thunb.	ヒサカキ	3	2	3	2	2
<i>Lamium amplexicaule</i> L.	ホトケノザ	1	2	1	1	1
<i>Geranium carolinianum</i> L.	アメリカフウロ	1	2	4	1	1
<i>Ligustrum obtusifolium</i> Siebold et Zucc.	イボタノキ	3	2	3	2	1
<i>Scutellaria brachyspica</i> Nakai et H.Hara	オカカタツナミノウ	2	2	1	1	1
<i>Semiaquilegia adoxoides</i> (DC.) Makino	ヒメウズ	2	2	1	1	1
<i>Lapsana humilis</i> (Thunb.) Makino	ヤブタバコ	1	2	1	1	1
<i>Bothriospermum tenellum</i> (Hornem.) Fisch. et C. A. Mey.	ハナイバナ	1	2	1	1	1
<i>Chaenomeles japonica</i> (Thunb.) Lindl. ex Spach	クサボケ	3	2	3	2	1
<i>Viola hondoensis</i> W. Becker et H. Boissieu	アオイスミレ	2	2	1	1	1
<i>V. mandshurica</i> W. Becker	スミレ	2	2	1	1	1
<i>V. grypoceras</i> A. Gray	タチツボスミレ	2	2	1	1	1
<i>Spiraea thunbergii</i> Siebold ex. Blume	ユキヤナギ	3	2	1	1	1
<i>Carpinus tschonoskii</i> Maxim.	イヌシデ	3	1	2	1	1
<i>Prunus cerasoides</i> D. Don var. <i>campanulata</i> (Maxim) Koidz.	ヒカンザクラ	3	2	3	2	1
<i>Torilis scabra</i> (Thunb.) DC.	オヤブジラミ	1	2	5	1	1
<i>Arenaria serpyllifolia</i> L.	ノミノツズリ	1	2	1	1	1
<i>Trisetum bifidum</i> (Thunb.) Ohwi	カニツリグサ	2	1	1	1	1
<i>Festuca parvigluma</i> Steud.	トボシガラ	2	1	1	1	1
<i>Rumex japonicus</i> Houtt.	ギンギン	2	1	1	1	1
<i>Ilex dentata</i> (Thunb. ex. Murray) Nakai	ニガナ	2	2	2	1	1
<i>Rubus parvifolius</i> L.	ナワシロイチゴ	3	2	3	2	1
<i>Chloranthus serratus</i> (Thunb.) Roem. et Schult.	フタリスズカ	2	1	1	2	1
<i>Styrax japonicus</i> Siebold et Zucc.	エゴノキ	3	2	3	2	1
<i>Pourthiaea villosa</i> (Thunb.) Deene. var. <i>laevis</i> (Thunb.) Stapf	カマツカ	3	2	3	2	1
<i>Ajuga nipponensis</i> Makino	ジュウニヒトエ	2	2	1	1	1
<i>Quercus serrata</i> Thunb. ex Murray	コナラ	3	1	3	1	1
<i>Callicarpa mollis</i> Siebold et Zucc.	ヤブムラサキ	3	2	3	2	1
<i>Castanopsis sieboldii</i> (Makino) Hatus. ex T.Yamaz. et Mashiba	スタジイ	3	2	3	1	2
<i>Euonymus alatus</i> (Thunb.) Siebold	ニシキギ	3	1	3	1	1
<i>E. sieboldianus</i> Blume	マユミ	3	1	3	1	1
<i>Macleaya cordata</i> (Willd.) R. Br.	タケニグサ	2	2	1	1	1
<i>Smilax nipponica</i> Miq.	タチシオデ	2	2	3	2	1
<i>Lilium auratum</i> Lind.	ヤマユリ	2	2	2	1	1
<i>Mollugo pentaphylla</i> L.	ザクロソウ	1	2	1	1	1
<i>Eupatorium chinense</i> L.	ヒヨドリバナ	2	2	2	1	1
<i>Oenothera biennis</i> L.	メマツヨイグサ	1	2	1	1	1
<i>Rudbeckia hirta</i> L. var. <i>pulcherrima</i> Farw.	アラゲハンゴンソウ	2	2	1	1	1
<i>Solidago virgaurea</i> L. subsp. <i>asiatica</i> Kitam. ex H.Hara	アキノキリンソウ	2	2	2	1	1
<i>Geranium nepalense</i> Sweet subsp. <i>thunbergii</i> (Siebold et Zucc.) H.Hara	ゲンノショウコ	2	2	4	1	1
<i>Adenophora triphylla</i> (Thunb. ex Murray) A. DC. var. <i>japonica</i> (Regel) H.Hara	ツリガネニンジン	2	2	1	1	1
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	ワレモコウ	2	1	1	1	1
<i>Euphorbia maculata</i> L.	オオニシキソウ	1	2	1	1	1
<i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Maxim.) Benth.	オギ	2	1	1	1	1
<i>Sporobolus fertilis</i> (Steud.) Clayton	ネズミノオ	2	1	1	1	1
<i>Pennisetum alopecuroides</i> (L.) Spreng.	チカラシバ	2	1	1	1	1
<i>Scilla scilloides</i> (Lindl.) Druce	ツルボ	2	2	1	1	1
<i>Allium tuberosum</i> Rottler ex Spreng.	ニラ	2	2	1	1	1

