

信州の植物フェノロジーの研究 20

長野県に生育する植物の開花と標高の関係の季節変化と開花型の提唱

小林 正明 *

(要約)

長野県内を中心に 196 (開花型は 201) 種の植物の開花と標高の関係を調べた。開花日と標高との関係の回帰式を求めると勾配の値が 33.47 ~ -64.29 の間にあった。それぞれの値は開花季節と深く関わっていて、開花と標高が春に開花する種類は正比例、秋は反比例、夏は相関が無いことがわかった。そこで開花型を 3 つ設定し、回帰式の勾配の値が 0.5 以上のものを春型、-0.5 以下のものを秋型、その間を中間型に分けた。それぞれの種類数は 129、50、22 種であった。これらの開花型は生活型とも深く関わっていた。

1 はじめに

桜の開花前線は南から北に進んでいくことは広く知られている。この開花前線は狭い地域でみると、山の標高の低いところが先に咲き、高いところが遅く咲く。開花前線は標高の低いところから高いところに進んでいくのであった (小林 1999)。ところが秋に咲くナギナタコウジュ、ゴマナなどは標高の高いところが先に咲き、次第に低いところに下りてくる。開花前線が高いところから低いところまで降りてくるのである (小林 1999)。また、夏から初秋に開花するユウガギクなどは山の上と下がほぼ同じ時期に咲くという (小林 2005 b)。これらの報告は開花と標高と季節の間には一定の関係があることを予想させる。

そこで開花と標高の間にはどのような関係があり、それが季節ごとにどのように変化するかを調べた。

2 調査方法

(1) 野外調査

(調査地)

長野県内各地の市町村で基礎データをとった。とりわけ多かったのは飯田市、高森町、茅野市、立科町、佐久市、小諸市、軽井沢町であった。

(調査期間)

1994 年、1995 年の 2 年間。本来は同一年内に基礎データをとるのが良いのだが、1994 年だけではデータ数が少ない種類があったので、調査期間を 2 年間とした。

(記録項目)

野外で任意に選んだ植物について次の項目について目視で記録した。

「年月日」「場所」「標高」「種名」「個体数」「蕾率 (蕾の割合)」「蕾のサイズ」「花率 (開花中の花の割合)」「花終率 (咲き終わった花の割合)」「人攪乱の有無」「環境」。

個体数は同一場所に何個体かあったときに観察した数を示し、蕾率、蕾のサイズ、花率、花終率はその観察個体の平均を記録した。例えば蕾率は 5 個体観察したときに 5 個体の平均蕾率を記録した。蕾率、花率、花終率は 3 項目併せて 10 分率とした。したがって蕾率、花率、花終率の合計は 10 になる。例えば開花しているものと花の終わったものがそれぞれ 0 の場合、ほんの少しでも蕾ができていれば蕾の割合は 10 となる。蕾率、花率、花終率が四捨五入で 1 に満たないときは r と記録した。蕾のサイズは蕾小と蕾大の 2 段階を調べ、それぞれ 0 から 9 までの段階で示した。例えば「蕾小 0 ~ 蕾大 5」のように表記した。このとき「0」はまだ新たに蕾を作っている状態を示し、「5」は蕾の大きさが開花直前の蕾の半分の大きさを意味するとした。ただ、このサイズは蕾の長径や体積のどちらかを指しているのではなく、いわゆる目見当で半分の大きさとした。この場合観察してみると、どちらかといえば長径が大きな比重を示した。サイズの「9」は開花直前の大きさとした。蕾や開花についてキク科などは頭花を 1 つの花として扱った。これらは小林 (1999、2001、2002、2005 他) と同じである。

(2) 開花日の推定方法

開花日は観察した個体の蕾の 1 割が開花した日とし、1 割開花日は次のように推定した。

* 小林正明 〒395-0001 長野県飯田市座光寺 2155

表 1 開花日推定のための補正日数
1994 年・1995 年の 4 月～10 月に飯田市座光寺と高森町の標高 470 m～670 m で、同一場所・同一種の蕾大 7～開花率 3 と開花日を求めることができた中から求めた。観察個体は同一とは限らない。データ数は 40 種 189 のものである。

蕾大サイズ と開花率	補正日数
蕾大7	+9
蕾大8	+6
蕾大9	+3
花率r	+1
花率1	-1
花率2	-3
花率3	-5

まず観察したデータの中から人攪乱のあるものを除外し、さらに次のようなものを選んだ。

- ①蕾率 10、開花率 0、花終わり率 0 のもので蕾大(蕾サイズ) が 7 以上のもの
- ②蕾率 10、開花率 0、花終わり率 0 で、開花率 r のもの
- ③蕾率が 6～9、開花率が 1～3 のもの、花終わり率 0 のもの
- ④③に近いが、開花率 r～3 で花終わり率が r または 2 以下のもの

①～④で選んだデータを表 1 の補正值で開花日を観察データごとに推定した。

表 1 は蕾大のサイズ開花率から開花日を推定する補正日数(換算値)である。例えば蕾大 8 のものは 6 日後に開花日を迎えたと推定した。この補正值は飯田市座光寺と高森町の標高 470 m～670 m までの 1994 年と 1995 年の観察データをもとに算出した。

算出方法は同じ調査地で同種の蕾大 7 以上から開花率 3 までの間のデータと 1 割開花が観察することができた種類を取り出し、その日数から推定した。表 1 の補正日数を出すのに使ったデータ数は 4 月～10 月で 40 種 189 であった。花率 1 を -1 としたのは、開花率 1 が 2 日以上続くことがあったからである。また、2 月と 3 月は蕾大 8 から開花までそれぞれ 12.5 日、9.7 日かかっていたので、表 1 の値にそれぞれ 2 倍、1.6 倍した整数値を使った。

また、次のような基準をつくった。
蕾の大きさから開花日までの日数は植物種によって異なるので補正值は種類、時期、標高によって異なるべきである。しかしこのことは考えないとした。

ただし次のような例外をつくった。これは観察の経験から例外としたものである。

例えばアザミ類では蕾大 9 から開花までは 5 日以上かかるのが普通である。そこでアザミ類は表 1 の値に 1.7 倍の整数とした。

一方 1 割開花日を求めにくい種類があった。たとえばカミエビである。カミエビはつる植物で、1 個体の蕾の数がつかみにくく、また見える範囲でもたくさん蕾の中で、1～5% ぐらいの花が咲いていた。このようなものは観察した個体の見える範囲の蕾のうちの 1 割の花が咲いた日を開花日とした。

また基礎データ数の多い種類は誤差を少なくするため蕾大 8 未満や開花率 3 以上を使用しなかった。例えばウツギでは基礎データが多いので、蕾大 8 以上を使い、7 以下は使わなかった。

以上の方法は一連の「信州の植物フェノロジーの研究」(小林 2002、2005) 他とほぼ同様である。ただ補正值は観察年によって若干異なる。

3 結果

(1) 調査したデータ数と種類数

①開花と標高の関係を求めることができた種類数

野外でとった基礎データ数は 2 年間で 25,026 で、その中から上記の条件に当てはまるものを選んだ。また開花日と標高の関係を求めるには同一種の開花日を推定できたデータ数が 6～10 以上必要である。これらの基準で選んだ結果、上記①～④に当てはまる 3,515 のデータから開花と標高との関係を求めることが出来た種類数は 196 であった。この 196 種のうち次の 5 種は晩秋と早春などに異なった開花パターンを示したためにそれぞれを 2 つに分けた。

ナズナ、タネツケバナ、オオイヌノフグリ、ウシハコベは春と晩秋で別の型を示した。また、コウゾリナも標高の高いところと低いところの個体群が連続した開花日にならずに空白日があり、回帰線も別の型を示した。標高の低い所のものは 6 月 20 日以前に咲き始めたので春咲き、高い所のものは 7 月 15 日以後に割き始めたので夏咲きとし、別種として扱った。これは小林(2007)と同じであった。そのために種類数は 196 種だが、2 つに分けて集計した種類が 5 種類あるので、計 201 種として統計処理をした。

また、帰化種は 20 種があったが、長野県内に完全に定着して普通に生育しているので、在来種と同

様に扱った。園芸種はソメイヨシノ、オニユリ、ニラ、ムクゲ、チャの5種であったが、これも特別に扱わなかった。

生活型は一年草を2つに分けた。すなわち夏型一年草を単に一年草とし、冬型一年草を越年草とした。生活型ごとの種類数は一年草 16 越年草 22 二年草 5、多年草 99 地表植物 3 低木 32 小高木 12 中高木 12 であった。越年草の22の中には4種の晩秋に咲く種類をカウントしているの、実際は18種であった。またコウゾリナは春に咲くものを越年草、夏に咲くものを二年草とした。

(2) 種類ごとの開花と標高の関係

①種類ごとの回帰式の勾配の値、 R^2 、相関係数

一定の数のデータをとることができた201種について、開花日と標高の関係をグラフにして、その回帰式の勾配の係数、相関係数、 R^2 （相関係数の2乗）を求めた。このとき回帰式の勾配の係数は $y = ax + b$ の a の値である。この値については以後「勾配の値（ a ）」または「勾配値」と表記した。この結果を表2に示した。

表2によると最も早く開花したものはナズナで、最も遅く開花日したのはオオイヌノフグリであった。この両種とも越年草である。越年草で晩秋と早春に開花を記録した種類は冬でも暖かなときには開花する。そのために暖冬や調査場所などの条件によっては今回記録した開花日は大きく変化する可能性がある種類である。

②回帰式の勾配値

回帰式の勾配値はプラスを示すものから、マイナスを示すものまでさまざまであった。この値は開花時期によって変化していた。このことについては後述する。

勾配値の最高はセイヨウヤマガラシの+33.5 最低はコバギボウシの-64.3 であった。これはセイヨウヤマガラシの開花前線が一日に33.5 m上昇するという意味である。同様にコバギボウシは一日に64.3 m下がるという意味である。ただ、この値の絶対値が大きいほど、逆に山の上も下も同時に開花する状態に近いことを意味している。この両種とも相関係数は0.83、0.89と高い値を示している。 R^2 は0.69、0.89とそれぞれ高い値を示していた。これらは開花と標高がかなり強い相関をもっていることやその相関に変異が少ないことを意味している。また、勾配値が0に近い値を示したものは山の上と下で同時に花が咲くことを意味している。例えばトモエソウは0.03、ユウガギクは0.31であった。このほか7月に開花する種類は勾配値が低いものが多かった。

③開花月別の回帰式の勾配値

回帰式の勾配値は開花月日によって変化の傾向がみられた。その様子を図1に示した。図1では開花日順に勾配の値（ a ）を示した。それによると、2～3月の勾配値はプラスだが、値はやや低い。6月までは全てプラスである。6月中旬（6月18日）になって初めてマイナスの値を示すものがでてくる。7月に入るとマイナスの値を示すものが次第に増えてくる。8月以後はほとんどがマイナスである。このことをわかりやすくするために各種類の最初の花が咲いた月を開花月として、開花月ごとの勾配値の平均を求めた。その値を表3に示した。

表3では最下段に月ごとの勾配値の平均を示している。それによると春2月に開花する種類の勾配値は9.0であるが、4月に開花する種類は20.2と最大の勾配値を示した。この値は5月より小さくなり始め、7月には0.5になった。8月～9月はマイ

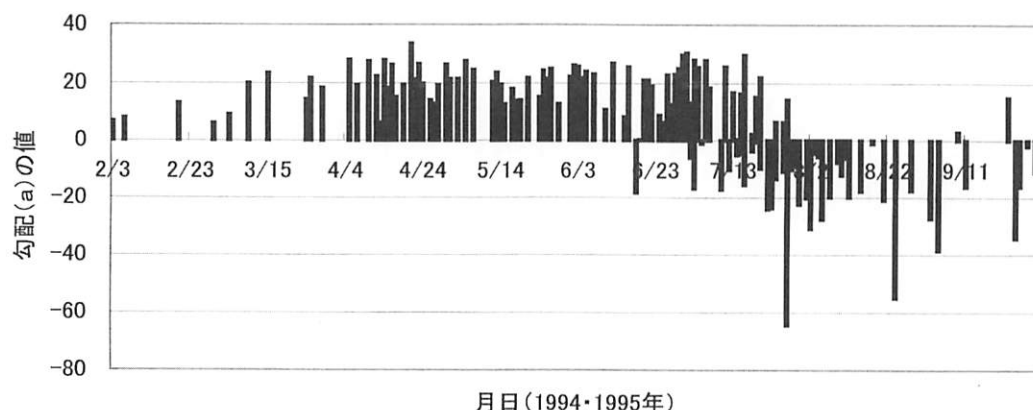


図1 勾配値（ a の値）の月日順配列

種類ごとに求めた開花日と標高の回帰式の勾配値（ a の値）を各種類の最初の開花日順に配列した。同一種で二つの開花型をもつものはそれぞれ分けてある。春から夏・秋へ一つの傾向がみられる。

表 2-1 開花日と標高の関係の回帰式を求めることができた種類

調査した種類を勾配値順に示した。同一種で2つの開花型を示した5種類については開花型が異なるのでそれぞれ別に扱った。調査した種類数は196種（201開花型種）である。開花日はその種類の最初の1割開花の日で、標高は最初の1割開花を記録したところの標高である。開花型は勾配値が0.5以上を春型、-0.5以下を秋型、その間を中間型とした。

種名	学名	勾配の値 (aの値)	R ²	相関係数	データ数	開花日	標高 (m)	開花型
セイヨウヤマガラシ	<i>Barbarea vulgaris</i>	33.47	0.69	0.83	22	4/21	360	春型
ヤマブキショウマ	<i>Aruncus dioicus</i>	30.31	0.40	0.64	14	7/1	1060	春型
オニユリ	<i>Lilium lancifolium</i>	29.60	0.89	0.94	16	7/16	410	春型
ヨツバヒヨドリ	<i>Eupatorium chinense</i>	29.59	0.50	0.69	33	6/30	720	春型
チダケサシ	<i>Astilbe microphylla</i>	27.91	0.27	0.52	17	7/3	920	春型
コブシ	<i>Magnolia praecocissima</i>	27.89	0.59	0.77	20	4/5	560	春型
ヤナギラン	<i>Chmaenerion angustifolium</i>	27.86	0.63	0.79	28	7/6	725	春型
ヤマブキ	<i>Kerria japonica</i>	27.82	0.82	0.90	31	4/14	290	春型
レンゲツツジ	<i>Rhododendron japonicum</i>	27.52	0.87	0.93	50	5/5	390	春型
カスミザクラ	<i>Prunus verecunda</i>	27.48	0.60	0.78	26	4/10	340	春型
イブキトラノオ	<i>Bistorta major</i>	26.82	0.64	0.80	11	6/12	920	春型
イカリソウ	<i>Epimedium grandiflorum</i>	26.50	0.79	0.89	6	4/23	940	春型
アヤメ	<i>Iris sanguinea</i>	26.31	0.84	0.92	34	4/30	760	春型
ニリンソウ	<i>Anemone flaccida</i>	26.23	0.35	0.59	7	4/16	570	春型
ニシキギ	<i>Euonymus alatus</i>	26.12	0.91	0.95	17	4/30	350	春型
ネジバナ	<i>Spiranthes sinensis</i>	26.10	0.80	0.89	7	6/2	390	春型
タケニグサ	<i>Macleya cordata</i>	25.62	0.75	0.86	37	6/16	90	春型
シモツケ	<i>Spiraea japonica</i>	25.61	0.67	0.82	41	6/3	570	春型
アカネ	<i>Rubia argyi</i>	25.59	0.73	0.86	17	7/11	570	春型
オオハンゴンソウ	<i>Rudbeckia laciniata</i>	25.39	0.50	0.71	30	7/4	570	春型
サクラソウ	<i>Primula sieboldii</i>	25.12	0.93	0.96	11	4/21	570	春型
コムラサキ	<i>Callicarpa dichotoma</i>	25.07	0.95	0.97	6	6/29	90	春型
ニシキウツギ	<i>Weigela decora</i>	25.03	0.54	0.73	15	6/2	720	春型
ノアザミ	<i>Cirsium japonicum</i>	24.86	0.87	0.93	33	5/27	445	春型
アズキナシ	<i>Sorbus alnifolia</i>	24.53	0.75	0.86	9	5/7	570	春型
ヤマホタルブクロ	<i>Campanula punctata</i>	24.22	0.68	0.83	32	5/25	290	春型
カワラマツバ	<i>Galium verum</i>	23.87	0.83	0.91	20	6/5	405	春型
ニッコウキスゲ	<i>Hemerocallis dumortieri</i>	23.86	0.88	0.94	12	6/3	930	春型
ウツギ	<i>Deutzia crenata</i>	23.51	0.85	0.78	37	5/13	395	春型
ニガナ	<i>Ixeris dentata</i>	23.51	0.85	0.92	31	5/7	395	春型
タチツボスミレ	<i>Viola grypoceras</i>	23.34	0.81	0.90	10	3/15	720	春型
ヤブカンゾウ	<i>Hemerocallis fulva</i>	22.99	0.62	0.79	29	6/28	405	春型
キリンソウ	<i>Sedum kamschaticum</i>	22.95	0.58	0.76	13	6/7	341	春型
クガイソウ	<i>Veronicastrum sibiricum</i>	22.79	0.33	0.57	18	6/26	720	春型
アケビ	<i>Akebia quinata</i>	22.54	0.88	0.94	11	4/16	360	春型
ニワトコ	<i>Sambucus racemosa</i>	22.29	0.94	0.97	10	4/12	290	春型
ヤマオダマキ	<i>Aquilegia buergeriana</i>	22.16	0.57	0.76	16	6/1	705	春型
マツムシソウ	<i>Scabiosa japonica</i>	22.00	0.22	0.47	24	7/20	920	春型
ボロギク	<i>Senecio nikoensis</i>	21.94	0.63	0.80	13	6/3	710	春型
クリ	<i>Castanea crenata</i>	21.73	0.66	0.81	52	6/4	570	春型
ノイバラ	<i>Rosa multiflora</i>	21.72	0.85	0.92	52	5/21	410	春型
ソメイヨシノ	<i>Prunus Xyedoensis</i>	21.64	0.61	0.78	58	3/26	20	春型
ヤマボウシ	<i>Benthamidia japonica</i>	21.51	0.82	0.90	18	5/26	720	春型
ムラサキケマン	<i>Corydalis incisa</i>	21.47	0.47	0.69	11	4/12	290	春型
ミヤマガマズミ	<i>Viburnum wrightii</i>	21.45	0.89	0.95	13	5/3	570	春型
ヒメジョオン	<i>Stenactis annuus</i>	21.38	0.76	0.87	132	5/1	400	春型
ウワミズザクラ	<i>Prunus grayana</i>	21.18	0.88	0.94	13	4/22	390	春型
リョウブ	<i>Clethra barvinervis</i>	21.15	0.45	0.67	33	6/21	570	春型
オカトラノオ	<i>Lysimachia clethroides</i>	21.08	0.70	0.84	36	6/20	570	春型
ウツボグサ	<i>Prunella vulgaris</i>	20.88	0.38	0.61	21	6/2	690	春型
トリアシショウマ	<i>Astilbe thunbergii</i>	20.72	0.56	0.75	13	6/5	710	春型
ツルウメモドキ	<i>Celastrus orbiculatus</i>	20.35	0.83	0.91	22	5/12	410	春型
フジ	<i>Wisteria floribunda</i>	20.02	0.85	0.92	40	4/23	400	春型
ユキヤナギ	<i>Spiraea thunbergii</i>	19.93	0.69	0.83	31	3/10	50	春型
サルマメ	<i>Smilax biflora</i>	19.77	0.88	0.94	14	4/24	570	春型
ビロードモウズイカ	<i>Verbascum thapsus</i>	19.76	0.72	0.85	15	6/2	650	春型
ヤマユリ	<i>Lilium auratum</i>	19.65	0.37	0.61	10	7/1	290	春型
ホオノキ	<i>Magnolia obovata</i>	19.53	0.72	0.85	9	5/14	460	春型
ヤマツツジ	<i>Rhododendron obtusum</i>	19.43	0.75	0.86	55	4/19	290	春型
コバノガマズミ	<i>Viburnum crosnum</i>	19.21	0.66	0.81	15	4/28	360	春型
モミジイチゴ	<i>Rubus palmatus</i>	19.16	0.72	0.85	6	4/7	280	春型
ハエドクソウ	<i>Phryma leptostachya</i>	19.01	0.61	0.78	12	6/22	390	春型
クルマバナ	<i>Clinopodium chinense</i>	18.71	0.55	0.74	5	7/3	705	春型
クサノオウ	<i>Chelidonium majus</i>	18.61	0.84	0.92	23	4/12	290	春型
イヌゴマ	<i>Stachys riedereri</i>	18.48	0.40	0.63	11	7/7	920	春型
ヒガンザクラ	<i>Prunus subhirtella</i>	18.35	0.69	0.83	19	3/29	390	春型

表 2-2 開花日と標高の関係の回帰式を求めることができた種類

種名	学名	勾配の値 (a の値)	R ²	相関係数	データ数	開花日	標高 (m)	開花型
ニガイチゴ	<i>Rubus microphyllus</i>	18.33	0.83	0.91	14	4/15	460	春型
ダイコンソウ	<i>Geum japonicum</i>	18.13	0.31	0.56	11	6/29	1220	春型
ミズキ	<i>Swida controversa</i>	17.96	0.61	0.78	21	5/17	760	春型
オトコヨウソメ	<i>Viburnum phlebotrichum</i>	17.56	0.71	0.85	13	4/23	570	春型
ナワシロイチゴ	<i>Rubus parvifolius</i>	16.98	0.80	0.89	16	5/25	405	春型
キオン	<i>Senecio nemorensis</i>	16.79	0.24	0.49	24	7/13	705	春型
オミナエシ	<i>Patrinia scabiosaeifolia</i>	16.37	0.10	0.32	28	7/15	410	春型
クサボケ	<i>Chaenomeles japonica</i>	15.90	0.60	0.77	17	4/12	405	春型
コオニユリ	<i>Lilium leichtlinii</i>	15.16	0.05	0.22	21	7/19	1830	春型
ハルジオン	<i>Erigeron philadelphicus</i>	15.14	0.54	0.74	36	4/17	360	春型
クサフジ	<i>Vicia cracca</i>	15.10	0.74	0.84	26	5/24	475	春型
セイトカアワダチソウ	<i>Solidago altissima</i>	14.97	0.54	0.77	17	9/22	390	春型
キキョウ	<i>Platycodon grandiflorum</i>	14.46	0.42	0.65	26	6/7	690	春型
ソヨゴ	<i>Ilex pedunculosa</i>	14.34	0.77	0.88	12	6/4	570	春型
ニセアカシア	<i>Robinia pseudoacacia</i>	14.31	0.63	0.79	31	5/13	570	春型
オオバギボウシ	<i>Hosta sieboldiana</i>	14.26	0.09	0.30	16	6/26	695	春型
アブラチャン	<i>Lindera praecox</i>	14.26	0.32	0.57	12	3/25	570	春型
ヒレアザミ	<i>Carduus crispum</i>	14.25	0.58	0.76	15	5/12	530	春型
アキカラマツ	<i>Thalictrum minus</i>	14.21	0.03	0.18	24	7/27	705	春型
ヒメスイバ	<i>Rumex acetosella</i>	13.93	0.49	0.70	15	4/26	730	春型
キンミズヒキ	<i>Agrimonia pilosa</i>	13.93	0.21	0.45	39	6/28	570	春型
エゴノキ	<i>Styrax japonica</i>	13.92	0.77	0.88	17	5/19	430	春型
サワフタギ	<i>Symplocos chinensis</i>	13.66	0.55	0.74	12	5/18	720	春型
ミツバウツギ	<i>Staphylea bumalda</i>	13.55	0.25	0.50	13	5/12	720	春型
スイバ	<i>Rumex acetosa</i>	13.43	0.69	0.83	21	4/19	360	春型
ムクゲ	<i>Hibiscus syriacus</i>	13.00	0.36	0.60	18	7/2	90	春型
タネツケバナ春	<i>Cardamine flexuosa</i>	12.88	0.65	0.80	34	2/20	280	春型
ヒメムカシヨモギ	<i>Erigeron canadensis</i>	12.86	0.31	0.56	25	7/4	920	春型
シロツメクサ	<i>Trifolium repens</i>	12.59	0.63	0.79	16	4/27	390	春型
ドクダミ	<i>Houttuynia cordata</i>	12.56	0.41	0.64	22	5/29	390	春型
ナツハゼ	<i>Vaccinium oldhamii</i>	12.45	0.52	0.72	11	5/15	570	春型
カワラナデシコ	<i>Dianthus superbus</i>	12.39	0.15	0.39	26	6/27	705	春型
コウゾリナ春	<i>Picris hieracioides</i>	12.20	0.53	0.73	31	4/30	360	春型
スイカズラ	<i>Lonicera japonica</i>	11.94	0.45	0.67	16	5/24	405	春型
ウメモドキ	<i>Ilex serrata</i>	11.78	0.88	0.94	13	6/5	570	春型
イヌガラシ	<i>Rorippa indica</i>	11.66	0.56	0.75	9	5/3	720	春型
ガマズミ	<i>Viburnum dilatatum</i>	11.52	0.63	0.80	18	5/1	570	春型
キスゲ	<i>Hemerocallis citrina</i>	11.52	0.45	0.67	14	7/1	720	春型
ミズヒキ	<i>Antenoron filiforme</i>	11.38	0.29	0.53	20	6/28	90	春型
ユキノシタ	<i>Saxifraga stolonifera</i>	10.92	0.91	0.95	6	5/17	410	春型
メマツヨイグサ	<i>Oenothera biennis</i>	10.67	0.12	0.34	77	6/10	341	春型
ツユクサ	<i>Commelina communis</i>	10.47	0.41	0.64	31	6/10	341	春型
オニタビラコ	<i>Youngia japonica</i>	10.45	0.62	0.79	34	3/26	280	春型
マメグンバイナズナ	<i>Lepidium virginicum</i>	10.25	0.31	0.56	18	4/28	390	春型
キツネアザミ	<i>Hemistepta lyrata</i>	9.38	0.56	0.75	14	5/1	395	春型
イヌナズナ	<i>Draba nemorosa</i>	8.94	0.32	0.56	33	3/5	730	春型
ヘクソカズラ	<i>Paederia scandens</i>	8.77	0.26	0.51	39	6/28	80	春型
イケマ	<i>Cynanchum caudatum</i>	8.66	0.08	0.29	26	6/24	920	春型
ムラサキシキブ	<i>Callicarpa japonica</i>	8.65	0.65	0.81	18	6/5	570	春型
コマツナギ	<i>Indigofera pseudo-tinctoria</i>	8.64	0.31	0.56	22	6/7	290	春型
ノブドウ	<i>Ampelopsis brevipedunculata</i>	8.12	0.50	0.71	14	6/15	570	春型
ネムノキ	<i>Albizia julibrissin</i>	8.00	0.43	0.66	20	6/29	520	春型
オオイヌノフグリ春	<i>Veronica persica</i>	7.67	0.45	0.67	21	2/6	280	春型
ミツモトソウ	<i>Potentilla cryptotaeniae</i>	6.55	0.10	0.31	13	6/28	1030	春型
ナズナ春	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	6.49	0.53	0.73	42	2/3	290	春型
キツリフネ	<i>Impatiens noli-tangere</i>	6.47	0.32	0.57	22	6/2	720	春型
ノリウツギ	<i>Hydrangea paniculata</i>	6.40	0.04	0.19	66	6/27	685	春型
クサボタン	<i>Clematis stans</i>	6.32	0.05	0.22	20	7/24	1050	春型
オオブタクサ	<i>Ambrosia trifida</i>	6.23	0.04	0.19	24	7/26	650	春型
ミツバ	<i>Cryptotaenia japonica</i>	6.11	0.06	0.24	16	6/25	940	春型
サンショウ	<i>Zanthoxylum piperitum</i>	6.09	0.39	0.63	8	4/13	290	春型
ウシハコベ春	<i>Stellaria aquatica</i>	5.78	0.56	0.75	9	3/1	390	春型
カミエビ	<i>Cocculus trilobus</i>	5.41	0.32	0.56	37	6/4	290	春型
トゲヂシャ	<i>Lactuca scariola</i>	3.32	0.05	0.22	10	7/1	370	中間型
ヒガンバナ	<i>Lycoris radiata</i>	2.83	0.01	0.12	15	9/9	400	中間型
ハンゴンソウ	<i>Senecio cannabifolius</i>	2.60	0.00	0.07	23	7/26	1410	中間型
ツリガネニンジン	<i>Adenophora triphylla</i>	2.33	0.00	0.06	22	6/26	920	中間型
コウゾリナ夏	<i>Picris hieracioides</i>	2.16	0.00	0.05	80	7/18	1405	中間型
ガガイモ	<i>Metaplexis japonica</i>	1.87	0.01	0.10	14	7/11	400	中間型
ナンテンハギ	<i>Vicia unijuga</i>	1.43	0.01	0.09	14	6/30	720	中間型
クコ	<i>Lycium chinense</i>	1.20	0.16	0.39	10	7/15	340	中間型
クズ	<i>Pueraria lobata</i>	1.02	0.00	0.05	31	7/11	715	中間型
ユウガギク	<i>Kalimeris pinnatifida</i>	0.31	0.00	0.01	44	7/14	705	中間型
シロザ	<i>Chenopodium album</i>	0.20	0.00	0.01	12	6/19	720	中間型

表2-3 開花日と標高の関係の回帰式を求めることができた種類

種名	学名	勾配の値 (aの値)	R ²	相関係数	データ数	開花日	標高 (m)	開花型
トモエソウ	<i>Hypericum ascyron</i>	0.03	0.00	0.00	15	7/16	1530	中間型
ブタクサ	<i>Ambrosia artemisiaefolia</i>	-0.45	0.00	-0.02	8	8/4	650	中間型
イシミカワ	<i>Persicaria perfoliata</i>	-0.62	0.02	-0.13	8	7/19	725	中間型
ウシハコベ秋	<i>Stellaria aquatica</i>	-1.07	0.03	-0.16	13	8/18	410	中間型
ヒヨドリジョウゴ	<i>Solanum lyratum</i>	-1.12	0.01	-0.11	7	7/5	570	中間型
チャ	<i>Camellia sinensis</i>	-1.95	0.03	-0.16	11	9/27	400	中間型
シロヨメナ	<i>Aster ageratoides</i>	-2.28	0.04	-0.19	16	8/2	940	中間型
タラノキ	<i>Aralia elata</i>	-2.66	0.00	-0.06	24	8/5	410	中間型
マルバハギ	<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	-3.82	0.01	-0.14	28	7/18	570	中間型
カラハナソウ	<i>Humulus lupulus</i>	-4.59	0.06	-0.24	19	8/3	1310	中間型
ヤマハギ	<i>Lespedeza bicolor</i>	-4.70	0.04	-0.19	43	7/15	660	中間型
ソバナ	<i>Adenophora remotiflora</i>	-5.14	0.05	-0.23	11	7/14	920	秋型
ヌルデ	<i>Rhus javanica</i>	-5.71	0.07	-0.26	49	8/4	705	秋型
オオイヌノフグリ秋	<i>Veronica persica</i>	-5.82	0.18	-0.42	13	9/30	1700	秋型
イタドリ	<i>Reynoutria japonica</i>	-6.07	0.03	-0.16	28	7/2	1840	秋型
トリカブトsp	<i>Aconitum sp.</i>	-6.11	0.14	-0.38	8	8/11	1520	秋型
ナズナ秋	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	-6.68	0.29	-0.53	16	9/25	1700	秋型
ヤマハッカ	<i>Rabdosia inflexa</i>	-6.78	0.05	-0.22	17	7/27	940	秋型
タニソバ	<i>Persicaria nepalensis</i>	-6.93	0.03	-0.16	19	8/5	1350	秋型
ニラ	<i>Allium tuberosum</i>	-6.98	0.17	-0.41	10	7/23	400	秋型
メドハギ	<i>Lespedeza cuneata</i>	-7.69	0.03	-0.18	8	8/9	410	秋型
ツルボ	<i>Scilla scilloides</i>	-7.77	0.54	-0.74	15	8/1	705	秋型
サワギキョウ	<i>Lobelia sessilifolia</i>	-7.91	0.01	-0.11	8	7/29	920	秋型
ノコンギク	<i>Aster ageratoides</i>	-8.24	0.13	-0.36	69	7/28	705	秋型
オトコエシ	<i>Patrinia villosa</i>	-8.75	0.03	-0.18	19	7/23	920	秋型
タムラソウ	<i>Serratula coronata</i>	-9.63	0.28	-0.53	16	7/28	1530	秋型
タマアジサイ	<i>Hydrangea involucrata</i>	-9.75	0.07	-0.27	15	7/20	705	秋型
フシグロセンノウ	<i>Lychnis miqueliana</i>	-9.91	0.11	-0.34	12	7/16	1100	秋型
ウド	<i>Aralia cordata</i>	-10.07	0.06	-0.10	47	7/23	720	秋型
ナンバンハコベ	<i>Cucubalus baccifer</i>	-10.24	0.20	-0.45	13	7/28	1350	秋型
ワレモコウ	<i>Sanguisorba officinalis</i>	-10.26	0.09	-0.29	34	7/12	1450	秋型
ボタンツル	<i>Clematis apiifolia</i>	-10.83	0.10	-0.31	62	7/26	650	秋型
ホトトギス	<i>Tricyrtis hirta</i>	-11.12	0.18	-0.43	8	9/29	720	秋型
イノコズチ	<i>Achyranthes bidentata</i>	-12.16	0.05	-0.22	14	8/10	570	秋型
ヌスビトハギ	<i>Desmodium podocarpum</i>	-12.47	0.12	-0.35	18	8/12	400	秋型
ミゾソバ	<i>Persicaria thunbergii</i>	-13.48	0.65	-0.81	13	7/24	1410	秋型
ミズタマソウ	<i>Circaea mollis</i>	-15.27	0.12	-0.35	6	7/16	920	秋型
アキノウナギツカミ	<i>Persicaria sieboldi</i>	-15.31	0.56	-0.75	14	8/12	1210	秋型
ゲンノショウコ	<i>Geranium nepalense</i>	-15.50	0.13	-0.36	27	7/16	1430	秋型
タネツケバナ秋	<i>Cardamine flexuosa</i>	-16.06	0.63	-0.80	7	9/25	1700	秋型
アメリカセンダングサ	<i>Bidens frondosa</i>	-16.13	0.11	-0.34	26	9/11	390	秋型
ツリフネソウ	<i>Impatiens textori</i>	-16.75	0.49	-0.73	43	7/3	1090	秋型
ホツツジ	<i>Elliottia paniculata</i>	-17.10	0.26	-0.51	15	7/10	1085	秋型
アキノノゲシ	<i>Lactuca indica</i>	-17.53	0.45	-0.67	16	8/28	990	秋型
サラシナショウマ	<i>Cimicifuga simplex</i>	-17.59	0.31	-0.55	15	8/2	1530	秋型
カナムグラ	<i>Humulus japonicus</i>	-17.79	0.16	-0.40	14	8/15	1190	秋型
カラマツソウ	<i>Thalictrum aquilegifolium</i>	-18.33	0.16	-0.40	9	6/18	1800	秋型
ノブキ	<i>Adenocaulon himalaicum</i>	-19.72	0.11	-0.33	6	8/7	1200	秋型
ヤブマメ	<i>Amphicarpaea bracteata</i>	-19.84	0.19	-0.43	10	8/12	1380	秋型
ゴマナ	<i>Aster glehnii</i>	-20.12	0.38	-0.62	65	8/1	1450	秋型
アケボノソウ	<i>Swertia bimaculata</i>	-20.81	0.41	-0.64	7	8/21	1520	秋型
ノハラアザミ	<i>Cirsium oligophyllum</i>	-22.30	0.31	-0.56	11	7/30	1968	秋型
アキノキリンソウ	<i>Solidago virgaurea</i>	-23.67	0.76	-0.87	54	7/23	1900	秋型
ヤマハハコ	<i>Anaphalis margaritacea</i>	-24.06	0.22	-0.47	33	7/22	1520	秋型
ヤクシソウ	<i>Youngia denticulata</i>	-27.26	0.33	-0.57	45	9/2	1640	秋型
ヤマヨモギ	<i>Artemisia montana</i>	-27.56	0.12	-0.35	13	8/5	1968	秋型
シラヤマギク	<i>Aster scaber</i>	-30.83	0.37	-0.61	18	8/2	1520	秋型
リュウノオギク	<i>Dendranthema japonicum</i>	-34.12	0.68	-0.83	11	9/24	1090	秋型
ナギナタコウジュ	<i>Elsholtzia ciliata</i>	-38.43	0.58	-0.76	33	9/4	1820	秋型
ヨモギ	<i>Artemisia princeps</i>	-54.94	0.41	-0.64	22	8/24	1820	秋型
コバギボウシ	<i>Hosta albo-marginata</i>	-64.29	0.80	-0.89	6	7/27	1520	秋型

凡例

- ①開花と標高の関係を求めることができた種類を勾配の値 (a の値) 順に記載した。
- ②同一種で開花期・開花型の異なるものは、それぞれに分けた。
- ③勾配の値は回帰式の $Y = aX + b$ の a の値である。
- ④R²は相関係数の2乗である。
- ⑤相関係数は開花と標高の相関係数である。
- ⑥データ数は開花日を推定することができたデータ数で1994年と1995年の合計である。
- ⑦開花日は1994年と1995年の観察の中で年に関係なく月日のみの一番早い日である。
- ⑧標高は前項の最初に開花した日を観察した場所の標高である。

表3 生活型と開花月別の勾配値の平均と種類数
最初の一割開花日の月を開花月として、生活型と開花月ごとの平均を示した。() 内は種類数である。

生活型/開花月	2	3	4	5	6	7	8	9	平均 (種類数)
一年草					5.7 (3)	-6.1 (6)	-12.1 (5)	-27.2 (2)	-8.4 (16)
越年草	9.0 (3)	8.4 (3)	18.5 (5)	17.8 (2)	15.9 (3)	7.5 (2)	-1.1 (1)	-9.5 (3)	9.7 (22)
二年草					10.7 (1)	22.0 (1)	-19.2 (2)	-27.3 (1)	-6.6 (5)
多年草		23.3 (1)	20.3 (8)	16.5 (8)	15.8 (27)	1.2 (39)	-18.0 (12)	-6.9 (4)	5.6 (99)
地表			17.8 (2)	17.0 (1)					17.6 (3)
低木		19.9 (1)	21.2 (8)	17.5 (9)	17.1 (6)	-3.5 (6)	-7.7 (1)	-1.9 (1)	13.1 (32)
小高木		14.3 (1)	14.3 (2)	18.6 (3)	13.1 (4)		-4.2 (2)		11.9 (12)
中高木		20.0 (2)	24.1 (4)	19.1 (4)	14.9 (2)				20.2 (12)
平均 (種類数)	9.0 (3)	15.3 (8)	20.2 (29)	17.6 (27)	15.0 (46)	0.5 (54)	-14.4 (23)	-12.7 (11)	7.2 (201)

ナスであった。最小は8月の-14.4であった。これは月や季節によって勾配値に大きな変化があることを示している。それは7月を境にして、プラスマイナスがはっきりと変わっていることから言える。

しかし、これらの値は平均値で、個々の種類では異なった値を示すものがあつた。

一般に春に開花する種類は開花前線が山の下から上に登っていく。この場合、勾配の値はプラスになる。これは5月までに開花する全ての種類について言える。6月に開花する種類ではほとんどが開花前線は上に登っていくが、カラマツソウだけは勾配値がマイナスであった。7月は勾配値がマイナスのものとプラスのものがあるが、前半にプラスが多く、後半にマイナスが多い。しかもその絶対値は値が低いものが多い。これは山の上も下もほぼ同時期に咲くためと思われる。8月以後に咲く種類はマイナスのものも多く、山の上のほうが先に咲き、開花前線は次第に下に降りてくる。しかしヒガンバナとセイタカアワダチソウがプラスの値を示し、標高の低いところが先に咲いたが、絶対値が低いので、高いところと低いところがほぼ同じ時期に咲くといえる。

④同一種で二つの開花期をもつ種類の勾配値

越年草の4種は晩秋と早春で違った型を示していた。ナズナは晩秋の勾配値は-6.7、早春は6.5、タネツケバナは晩秋の勾配値は-16.1、早春は12.9、オオイヌノフグリは晩秋の勾配値は-5.8、早春は7.7、ウシハコベは晩秋の勾配値は-1.1、早春は5.8であった。またコウゾリナは春12.2、夏2.2であった。コウゾリナの春に咲く個体の生活型は越年草、夏に咲く個体は二年草を示すと考えられている(小林2007)。このように同一種が異なった季節に違う値を示すことは勾配値の意味を考える上でヒントになる。

(3) 生活型と回帰式の勾配

①生活型と開花期

生活型は開花期と深い関係をもっていた。このこ

とは生活型と開花前線の開花月別の勾配値の平均を示した表3に示した。表3には生活型と開花時期の関係がよく現れている。例えば一年草と二年草はいずれも6月以後に開花した。ただここで注意しなければならないことは冬型一年草を越年草として分けて考えたことである。そのために越年草は春に開花する種類が多いことになった。また地表植物と中高木はいずれも春に開花して、夏から秋には開花しなかった。小高木も多くの種類が春に開花していた。

②生活型と勾配

開花時期は勾配値と強く結びついていたから、生活型は開花の勾配と関係があるものが多いこととなった。例えば越年草は春に咲き、一年草や二年草は秋に咲くものが多い。また、木本は春に咲くものが多い。そこで開花前線と生活型との関係を検討した。

生活型と勾配の関係は表3の縦軸の右端に生活型別の勾配値の平均がでている。さらに図2に生活型ごとの開花月別勾配値の平均値の変化を示した。

一年草は6月以後に咲く。6月は値がプラスであったが、7月以後はマイナスであった。一年草で早く咲いてプラスの値を示す種類はツクサ、キツリフネ等であった。また秋が深くなるほど値の絶対値は大きくなった。越年草は毎月開花する種類が

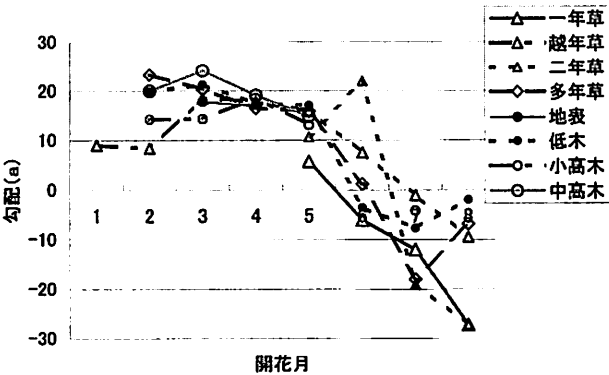


図2 生活型別の回帰線勾配値の季節変化
生活型ごとに開花月の勾配値の平均を求めた。
その平均の月ごとの変化を示した。

あったが、7月まではプラスであるが、8月からはマイナスであった。4月から6月に咲く種類はプラスで勾配値が高いので、標高とは正の相関が強かった。秋に咲く越年草はオオイヌノフグリ、ナズナ等の晩秋と春に咲く種類であった。二年草は6・7月がプラスであるのに8月以後はマイナスであった。多年草は3月～9月まで咲き始める種類があるが、7月までがプラスで、8月以後はマイナスであった。地表植物は6月以前に咲き始め、全部プラスであった。低木は3月～9月に咲き始めるが、7月以後はマイナスであった。小高木、中高木はほとんど6月以前に咲き始め、それらはプラスだが、8月に咲く2種だけはマイナスであった。これらの値は個々の種類の勾配でなく平均であるが、どの生活型も7月を境にしてその前に咲く種類と、後に咲く種類では明瞭な違いがあった。

(4) 帰化種の開花と標高の関係

帰化種は20種であったが、多くの種類は開花月に合わせて、6月以前に咲く種類は春型、8月以後の咲く種類は秋型を示した。しかしヒガンバナとセイタカアワダチソウは8月と9月に咲くが、春型を示し、aの値はプラスであった。

全体のこのような傾向に対してセイタカアワダチソウは少し違った位置にある。9月26日の開花だが、相関係数は0.73であった。開花日と標高の関係は勾配値が14.5であった。これはさらにデータを集めて論議する必要がある。

園芸種も同様に開花月に合わせて6月以前に咲く種類は春型、8月以後の咲く種類は秋型を示した。しかしニラは7月に咲くが、勾配値が-6.98で秋型を示した。これはニラの開花日が7/23日であることを考えると、8月に近く、特に変わったことではない。

4 考察

(1) 開花前線の勾配値の季節による違い

回帰式の勾配値は季節ごとに一つの傾向をもって変化していた。この値は開花前線（同じ開花日を結んだ線）が一日あたりどのぐらい標高を昇ったり降りたりするかを示している。例えば表3の2月は勾配値の平均が9.0であった。

表3は調査した全種の開花月別の平均である。2月は9.0で、4月には最大の20.2になる。5月からは小さくなって、7月には0.5になる。8月と9

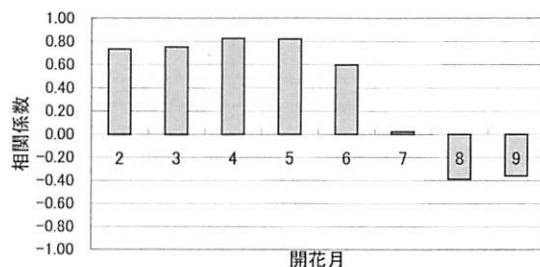


図3 開花と標高の月別相関係数の平均

種類ごとに開花日と標高の相関係数を求め、各種類の最初の開花日を開花月として、月ごとの平均を求めた。2月～6月までは正の相関を示した。7月は相関が無かった。8・9月は負の相関を示したが、値は高くなかった。

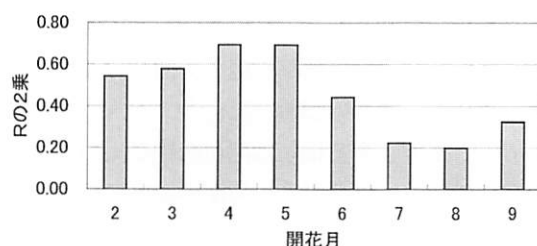


図4 開花月別の R^2

種類ごとに開花日と標高の R^2 （相関係数の2乗）を求め、各種類の最初の開花日を開花月として、月ごとの平均を求めた。2月～5月までは次第に大きな値になり、特に4・5月は分散が少なかった。6月は低くなった。7～9月は値が低く、特に7・8月は分散が大きかった。

月はマイナスで-14.4と-12.7となる。図3には開花月ごとの開花と標高の相関係数の平均を示した。ここでも6月以前は正の相関、7月は相関なし、8月以後は負の相関と、それぞれははっきりと異なった結果となっていた。この変化は次のようなことを意味している。

① 6月以前に開花をする種類の開花前線は山の下から上に昇っていく。

② 7月に咲く種類は山の上も下もほぼ同じ時期に咲く。

③ 8月以後に咲く種類は山の上が先に咲き、開花前線が次第に降りてくる。

このことをさらに細かに検討するために図4に開花月ごとの R^2 を示した。 R^2 はその値が低いと分散していることを示している。それによると次のようなことが指摘できる。まず表3・図3で2月と3月の勾配値が4・5月と比べてやや低いのは早春は開花前線が昇る速度がややゆっくりしているといえる。また図4にみるように R^2 の値もやや低い。これは早春は散らばりが多いことを示している。その原因は微地形による開花の変異が多く、開花と標高の相関が低いためと思われる。実際に野外で観察し

ていると、早春は同じ標高でも南向きの斜面と北向きの斜面では開花時期に大きな差がある。

それに対して4月と5月は勾配値が高く、 R^2 も高い。これは開花と標高の間に強い相関があり、開花前線が早いスピードで山を登り、個体間の変異も少ないことを意味している。

7月は開花と標高の間の相関がほとんどなく、山の上も下の同時に咲く種類が多い。8・9月に咲く種類は開花と標高の間に負の相関がある。しかし個体ごとの変異も大きい。このことは後述する。

表3の月ごとの勾配の値は全種の平均であるが、この平均とは大きく異なる値を示したものがいくつかある。例えば6月にカラマツソウが-18.3になるものや、9月にセイタカアワダチソウが15.0になるものがあつた。これは図1にも表れている。これらの種についてはさらにデータを集めて検討する必要がある。

(2) 回帰線の勾配値の分類と類型化

春から夏・秋になるにしたがって回帰線の勾配値は変化していく。勾配値を高いものから低いものまで順に並べ、これを示したのが表2・3・図3である。これらを見ると、開花期によって正負が逆転している。そこで開花と標高の間は正の相関を示すものの、負の相関を示すものの、正負が関係のないものの3つの型に分けることができるように思われる。このとき3つの間の区分をどこにするか難しい問題だが、次のように分けることとした。それは表2の勾配値順に並べたときに、値に段差があるところがあること、正負ともに絶対値が同じところが望ましいことなどから、正負共に0.5のところが適当と思われた。

まず開花前線が右肩あがりになっていくもの、これは開花が標高と比例する型である。開花前線は春が進むにつれて標高の高いところに登っていく。この型を勾配値が0.5以上のものとし、「春型」と呼ぶことにした。勾配値が-0.5以下のものを「秋型」とした。これは開花前線が山の上から下に下がってくるものである。この型は山の上が先に花が咲き、標高の低い山の下が後に咲く。また、勾配値が春型と秋型の間のものを「中間型」とした。これは開花と標高の間に相関が認められなかったものである。この分類を、表2の中に示した。春型、秋型、中間型の種類数はそれぞれ129、50、22であった。

①生活型と開花型

春型・中間型・秋型を示す種類と生活型ごとの種

表4 生活型別の開花型種類数

一年草は2つに分け、夏型を単に一年草、冬型を越年草とした。

生活型	春型	中間型	秋型
一年草	3	4	9
越年草	17	1	3
二年草	2	1	3
多年草	57	11	31
地表	3		
低木	25	4	3
小高木	10	1	1
中高木	12		
計	129	22	50

類数を表4に示した。表4によると全て春型であったものは中高木と地表植物であった。また、小高木と低木、越年草は多くは春型であった。それに対して一年草は秋型が多かった。二年草と多年草は春型・中間型・秋型がそれぞれあつた。

一方、開花型に注目すると、春型は全生活型があるのに対して、中間型と秋型は地表植物と中高木がなかった。また、中間型は半分の11種が多年草であった。

②春型を示す種類

種数は129で、一番多く、どの生活型にもみられた。内訳は多年草が最も多く57種とほぼ半分であったがこれは多年草の調査種類数が多いからともいえる。小高木は12種、地表植物は3種でそれぞれ全てが春型であった。また、低木・小高木もほとんど春型であった。低木は32種のうち、25種が、小高木は12種のうち10種が春型であった。これらのことは意味があり、とりわけ中高木が全て春型を示すことは長野県内の調査地の樹種が落葉広葉樹であることと関係していると思われる。落葉樹は前年の夏から秋に翌年の花芽をつくり、春に開花し、秋に果実をつくり種子を散布する。このような生活史が長野県内の落葉樹の樹木に一番合理的であるものと思われる。

以上のことを考えると、今回の調査の対象にならなかったキツタ、クマヤナギは夏に開花するが、どのような型を示すか興味がある。

③秋型

種数は50で、このうち約60%の31種が多年草であった。また、一年草も半分以上が秋型であった。地表植物・中高木には秋に咲くものが全くなかった。また、低木・小高木も少なかった。これは草本は春に芽を出し、秋までに花を咲かせ、果実を稔らせ、種子散布をすることが長野県の気候等にもっとも合理的であることを予想させる。秋型は秋に花を

表5 開花型別の R^2 の値
 R^2 の値はそれぞれ種類数の平均である

	春型	中間型	秋型
R^2	0.56	0.02	0.25
種類数	129	22	50

咲かせるものが多いが、これは果実をあまり大きくしない種類が多いためと思われる。このことは種子散布の方法にも影響を与えられる。秋型は果実を大きくし、動物による被食散布のものが少なく、付着や風散布のものが多くこと（小林 2007、上田 1999）と一致する。

④中間型

この概念に入るものは前述のように半分が多年草であった。開花期は 6/26 ～ 9/27 の範囲にあったが、全ての種類のうち半数以上の 12 種が 7 月に開花、5 種が 8 月に開花した。

(3) 開花と標高の回帰式の勾配と R^2

一般に回帰直線が、データの変動をよく説明しているかどうかを表す指数として、相関係数の 2 乗 (R^2) が、よく用いられている。開花と標高はプラスとマイナスの値を示していたので 2 乗することによって R^2 の値が大きいほどその方程式がよくあてはまることを示す。逆に値が小さいものは相関が無いことを示す。そこで開花月や開花型ごとに R^2 の値を比較した。

図 4 は開花月ごとの R^2 の平均である。これによると最も開花と標高の関係が強く結びついているのは 4 月と 5 月である。この場合は正の相関をしていることになる。逆に R^2 の値の低いのは 7 月に開花する種類である。7 月に開花するものは中間型が多いものと思われる。8・9 月には秋型が多くなる。いずれにしても 6 月以前に咲く種類には開花と標高の間に強い関係が認められるといえる。ただ、2・3 月に咲く種類の R^2 が低いのは前述のとおり早春

の美地形などが影響しているのであろう。それに対して 7 月に開花する種類は開花と標高の間に関係は低く、分散が多いといえる。8 月以後は開花と標高との間に負の相関があるが、強くなく、個体差も大きいといえる。

表 5 は開花型ごとの R^2 の平均である。春型は開花と標高の間に強い相関がある。この場合は正の相関で比例する。それに対して秋型は開花と標高の間の相関はやや弱い。この場合は負の相関である。春型と秋型のこの違いは次のようなことが考えられる。春型は暖かくなるとともに一斉に咲きはじめる。とりわけ春型に多い木本植物の多くは前年に花芽がつくられている。そのために蕾の成長は気温に正直に反応するものと思われる。いわばスタートがそろっていると言える。それに対して秋型は春から夏の成長を経て花芽がつくられる。春から夏の間の成長期間の状況がそのまま花芽の形成の差になっている。例えば病気や虫食害で成長が遅れ、花芽の形成に差ができることが考えられる。このような個体差が開花期の違いになっていると考えられる。このことは小林 (2010) がすでに指摘している。

中間型は R^2 の値がもっとも低かった。これは開花と標高の間に相関が無いことを意味している。また同じ標高でも個体による開花時期の差が大きいことを意味している。これが中間型の特徴と言えるだろう。

(4) 秋と春に咲く種類

同一種で二つの型をもつものを表 6 にまとめた。ナズナ、タネツケバナ、オオイヌノフグリ、ウシハコベの 4 種が春と晩秋に咲いた。これらは春に咲く個体は春型なのに、晩秋に咲く個体は秋型を示した。この開花時期の異なったものが生態型の異なる別個体群であるという証拠は得られていない。それよりも観察例からは同一個体群のように思われた。例えば 1994 年 10 月 5 日、飯田市の標高 560 m 付近

表6 同一種で 2 つの型をもつ種類の勾配値などの比較
同一種で二つの開花型をもつものは 5 種類あった。それぞれは開花期が異なり、結果を一覧表に示した。

種名	勾配の値 (a の値)	R^2	相関係数	開花日	標高 (m)	開花型
ナズナ春	6.49	0.53	0.73	2/3	290	春型
ナズナ秋	-6.68	0.29	-0.53	9/25	1700	秋型
タネツケバナ春	12.88	0.65	0.80	2/20	280	春型
タネツケバナ秋	-16.06	0.63	-0.80	9/25	1700	秋型
オオイヌノフグリ春	7.67	0.45	0.67	2/6	280	春型
オオイヌノフグリ秋	-5.82	0.18	-0.42	9/30	1700	秋型
ウシハコベ春	5.78	0.56	0.75	3/1	390	春型
ウシハコベ秋	-1.07	0.03	-0.16	8/18	410	中間型
コウゾリナ春	12.20	0.53	0.73	4/30	360	春型
コウゾリナ夏	2.16	0.00	0.05	7/18	1405	中間型

ではたくさんあるナズナの中の一部の個体が晩秋に咲き始める。この中にはさまざまな成長段階のものが含まれていた。ある個体は開花していて一部に果実とつけているものがあった。また若い蕾をつけている個体もあり、その中間の状態を示す個体もあった。さらにたくさんの蕾をつけない大小のロゼット個体があった。これらは翌春に開花するものと思われた。12月には新たに開花する個体はなかったが、花を咲かせている個体がわずかにあった。これらの個体の果実はほとんど不稔であった。花が終わっても果実が全く成長していないのである。この状況はナズナに生態型の異なる2つの個体群があるように思えない。

同一個体群とすると、ナズナは気温等の気候条件またはそれ以外の条件によって、開花が支配されているものと思われる。

タネツケバナ、オオイヌノフグリもほぼ同様であった。ウシハコベは記述に必要な観察例が少ない。

(5) コウゾリナの春と夏に咲く型

小林(2007)はコウゾリナについて開花と標高の関係を分析し、長野県内では開花時期の異なる2つの個体群があると報告している。一つは6月15日以前に開花する個体群で開花型は春型。もう一つは7月15日以後に開花する個体群で、開花型は中間型である。両者は標高700 m～1050 m付近では混在している。この様子は今回の分析でもみられた。両者は開花期が異なるが、これは1割開花の時期で、その後多くの花が咲き続けるので、花が同時に咲いて交配をする可能性が強い。したがって隔離された個体群ではないと思われる。

(6) 秋型の開花をもたらす要因

春型の開花を示すのは温度が主な要因と思われる。中間型は山の上も下も日照時間が同じだから、その影響が強い可能性がある。秋型の開花を示す要因はどのようなものであろうか。短日が考えられる

が、これは山の上も下も同じである。気温は上と下では異なるので、それが要因かもしれない。しかし開花現象は単純なものでなく、日照や気温などが複合的に作用している可能性がある。

5 謝辞

本論文をまとめるにあたって信州大学農学部の中村寛志先生には統計処理についてご教示をいただきました。紙上を借りて感謝いたします。

6 文献

- 上田恵介(1999) 種子散布 1 109pp. 築地書館
上田恵介(1999) 種子散布 2 109pp. 築地書館
小林正明(1999) ナギナタコウジュの開花フェノロジーと標高、塩尻市蝶の博物館紀要 No.1
小林正明(2004) 飯田市と高森町の開花フェノロジーと虫媒花の開花種類数の季節的变化について 伊那谷自然史論集 No.5 飯田市美術博物館
小林正明(2005) 夏・秋咲き植物 10 種の開花と標高 長野県植物研究会誌 38: 11-18p.
小林正明(2006) 飯田市と軽井沢町の開花フェノロジーと同一種の開花日の地域による差について 長野県植物研究会誌 39: 15-42p.
小林正明(2007 a) 花からたねへ 247pp. 全国農村教育協会
小林正明(2007 b) 信州の植物フェノロジーの研究 17 立科町女神湖周辺の虫媒花の開花フェノロジーについて 長野県植物研究会誌 40: 71-81p.
小林正明(2007 c) 信州の植物フェノロジーの研究 18 コウゾリナの開花と標高について 長野県植物研究会誌 40: 83-88p.
小林正明(2010) 信州の植物フェノロジーの研究 19 西駒ヶ岳千畳敷の開花フェノロジー 長野県植物研究会誌 40: 83-88p.