

群集レベルでの植物と昆虫との花粉を介した相互関係の検討

中野千賀・鷲谷いづみ（筑波大学・生物科学研究科）

要旨

種子植物の種数が比較的多く見られる北海道の海岸草原2ヶ所において、2年間、開花の時期を通して定期的に調査路沿いにみられる植物の開花と昆虫の訪花を記録した。得られたデータをもとに、二元表分析を用いて開花植物と訪花昆虫の結びつきを解析した。多くの植物種が主に双翅目またはマルハナバチによって訪花されており、それぞれの昆虫グループはいずれも多種類の花を利用していることが示された。それぞれの植物種を花の形（露出型、ブラシ型、短筒型、這い込み型、旗状型、下向き型）、色（黄、白、赤、紫、黄緑）、訪花昆虫（スペシャリスト(双翅目)花、スペシャリスト(マルハナバチ)花、ジェネラリスト花)の種類で分類し、訪花昆虫の種類と花の形、色との間の独立性を二元表分析を用いて検討することによって、この群集において植物と訪花昆虫との間に送粉シンドロームといえるような対応関係が存在するかどうかを検討した。その結果、概ね送粉シンドロームと呼べるような対応関係が認められたものの、これらの関係は比較的緩く、特定の植物と昆虫の結びつきは、時（年、季節）と場所（二調査地）に応じて大きく変化することが示された。

はじめに

花粉の媒介を主に動物に頼る種子植物と、主な栄養源を花粉や蜜から得る動物との互いに利益を得る共生的な関係とから成るシステムを送粉共生系と呼ぶ。送粉の有効性を高めるために、種子植物は信頼できる送粉者を誘引する信号（花の形態・蜜標・色・匂いなど）や報酬（花粉・蜜・花油など）を発達させたと考えられている（Faegri and van der Pijl 1971）。それと関連して、花の色や形態、開花習性などと、そのパートナーである送粉者の形態や感覚能力、行動様式などとの間にみられる明瞭な相関的な関係は、送粉シンドロームと呼ばれている（van der Pijl 1960, Faegri and van der Pijl 1971）。

しかし、実際に野外においては時や場所が変われば、植物と動物との対応関係が変化することはめずらしくない（e.g. Arroyo et al. 1982, Horvitz and Schemske 1990, Traveset and Saez 1997）。そのため、送粉共生系におけるこれらの対応関係は、必ずしも厳密なものではなく、状況に応じて変化しやすいものであり、対応関係の進化の歴史上においても、植物と昆虫の両者が一対一の対応を示すスペシャリスト化ではなく、むしろ多対多のジェネラリスト化が一般的であるとの指摘もなされている（e.g. Bajer 1963, Howe 1984, Waser et al. 1996）。こうした対応関係全体の実像を把握するために、送粉共生系における群集レベルでのさらに詳細な観察と、そのデータをもとにした相互作用の客観的な解析の必要性が掲げられている（Waser et al. 1996）。

そのために、植物の開花と動物の訪花を群集レベルで調査し、開花のフェノロジーと植物種ごとの訪花者の種類を記録する研究が実施され（e.g. Parrish and Bazzaz 1979, Arroyo et al. 1982）、訪花した動物の種類から個々の植物種をグループ分けする試みも報告されている

(Yumoto 1986)。さらに、ある群集内で開花植物に対する訪花者の個体数を量的に把握することによって、動物の訪花を決定する植物側の要因や、送粉シンドロームの存在の有無を統計的な手法を用いて検討した研究も行われている (Kato et al. 1993, Bosch et al. 1997, Momose et al. 1998)。しかし、これらの研究はまだ少数であり、植物と訪花動物との対応関係を客観的に把握するためには、調査や解析の方法に多くの工夫が求められている。また、群集内での対応関係を検討する際に、植物側からどの花がどんな動物に訪花されているかに偏らず、訪花者側からどの動物がどんな花に訪花しているかを解析的に検討する研究はこれまでほとんど行われていない。

そこで本研究では、種子植物の種数が比較的多い北海道の海岸草原において、開花の時期を通して植物の開花と昆虫の訪花を定期的に記録し、この群集において送粉シンドロームといえるような対応関係が存在するかどうかを検討し、さらに、植物と訪花昆虫との対応関係の時 (年, 季節) と場所 (2ヶ所) による変化を、植物側と昆虫側の両方から解析した。

材料と方法

調査地

この研究は、北海道東部の厚岸町 (北緯: 42度6分, 東経: 144度2分) の2ヶ所の海岸草原 (調査地 A, 調査地 B) で実施した。両調査地は約15km離れているが、ともにミヤコザサが優占する断崖上の海岸草原である。気候は冷温帯に属し、夏期は特に海岸部に霧が発生しやすい。調査地 A は観光地の一部であり、未舗装の道があり頻繁に人が出入りするのに加えて、道沿いに草刈りが年に数回行われるという、人為的な攪乱の影響が大きい場所である。一方調査地 B は、未舗装の道が一本あるものの訪れる人も稀であり、人為的攪乱は比較的小さい。

植物の開花と訪花昆虫の調査

両調査地の道沿いにそれぞれ調査路 (調査地 A : 約370m, 調査地 B : 約820m) を設けた。調査は1997年には調査地の開花花数が最大に達すると考えられるほぼ7月中の1ヶ月間、1998年には調査地内で種子植物の開花がみられた期間全体の、5月中旬からほぼ9月下旬までの約4.5ヶ月間にわたって行った。97年には、調査路沿いの両方に約1mの範囲で、そこに開花の見られた動物媒と考えられる種子植物の種類と花 (花序) の数、送粉者になり得る訪花昆虫 (微小で柱頭に触れることがほとんどないと考えられるもの、明らかに移動性が低いもの、花器官の食害者とみなされるもの、すなわち、アリの仲間、クモの仲間、鱗翅目の幼虫などは除く) の種類と個体数を目視により記録した。雨天の日を除いてほぼ毎日、一日3回、朝 (7:00 ~)、昼 (11:00 ~)、夕 (15:00 ~) の時間帯に一方の調査地で記録をとり、各調査地を交互に調査した。

1998年には、1997年とほぼ同じ方法で調査を行ったが、昆虫の訪花の記録については、同じ調査路を5mずつ目印を付けて区切り、調査路沿いの左右約1mと調査路上の5mの枠の中での、観察された訪花昆虫の個体数とそれぞれの1分間の訪花の履歴を記録した。あわせて各調査時間帯における最低・最高気温、および調査終了時の湿度を測定した。平均すると一日おきに、すなわち97年には各調査地で10日ずつ、98年には35日ずつ調査を行った。それぞれの調査地において、開花花数の多い約7月の10回分の調査期間を中期、98年における中期以前の13回分の調査期間を前期、中期以降の12回分の調査期間を後期と呼ぶ。

植物のグループ分けは基本的には種に基づいて行ったが、例外的に雄株と雌株に分かれているアキタブキとヤマブキショウマについてのみ雌雄の株ごとに記録し、解析も雌雄別に行った。昆虫のグループ分けは基本的に目のレベル（双翅目，鱗翅目，鞘翅目，半翅目，その他）で行ったが，膜翅目についてのみ，観察個体数の多かったマルハナバチ属（マルハナバチ），小型のハナバチであるヒメハナバチ・コハナバチ類（小型ハナバチ），その他の膜翅目（ヒゲナガハナバチや狩りバチの仲間など）の3つのグループにさらに分類した。98年では昆虫の記録を目視により種毎に記録したが，その後の同定が不完全なため，解析には前記と同じ分類方法を採用した。

データ解析

97年（中期）の各訪花昆虫グループの訪花頻度（/分）を，98年中期で訪花していた植物のグループ毎に算出した。まず，98年の調査から得られたそれぞれの昆虫個体の1分間の訪花の履歴から，特定の昆虫グループが，植物グループを訪花したときの，時間帯毎の訪花頻度の平均値を求め，その平均訪花頻度を97年の訪花個体数にかけて，1分間の訪花頻度の推定値を求めた。それぞれの推定値を積算して，一日分の訪花回数を求めた

訪花を介した植物と昆虫との結びつきの検討をするために，2×2分割表による分析を行った。開花期間を通して15回以上昆虫による訪花を受けた植物グループを対象にした。各植物グループがその開花期間の間にそれぞれどのような昆虫種類によって，訪花昆虫グループ全体の訪花回数よりも偏って多く訪花されていたのかを，G検定を用いて（期待値が5以下になる場合にはFisherの直接法を用いて）検討した。逆に，各昆虫グループがその出現期間の間にそれぞれどのような植物グループに，開花花数よりも偏って多く訪花していたのかを，G検定を用いて（期待値が5以下になる場合にはFisherの直接法を用いて）検討した。これらの検定で得られたp値によって，植物，昆虫それぞれの側からの結びつきの強さを表した。

シンドロームとして認識されるような関係が存在するのかを検討するために，観察された植物種を花の特徴から分類した。花の形についてはFaegri and van der Pijl（1971）に従い，皿・わん型，つりがね型，ブラシ型，旗状型，のど状型に，花の色については鮫島，辻井，梅沢（1993）に従い，黄色，白，赤，紫，黄緑に分類した。植物種毎の訪花昆虫による分類は，先の解析から得られた植物と訪花昆虫との結びつきの関係を用いた。植物が偏って訪花された昆虫種類の中で $p < 0.001$ の偏った関係が一組のみで，かつその昆虫の訪花が全体の訪花回数の80%以上を占める植物種を，その昆虫によるスペシャリスト花であるとした（Spe(マルハナバチ)花：S - B，Spe(双翅目)花：S - D）。それ以外の植物で，80%に達する訪花昆虫が見られない植物種はジェネラリスト花（Gen花：Gen）であるとした。花の形態についてのシンドロームの検討には，花の形態と訪花昆虫のグループを用いて，花の色についてのシンドロームの検討には，花の色と訪花昆虫のグループを用いて，それぞれ二元表を作成し，Fisherの直接法によって解析した。

結果

開花のフェノロジー

今回の調査で開花が確認された植物種の最大の開花花数，観察された訪花昆虫個体数，また，それぞれの植物種毎の花の形と色，訪花昆虫による分類の結果を，表1，2，3，4に示

した。97年中期には、調査地 A で20種、調査地 B で51種の虫媒花の植物種を確認した（表 5）。調査期間中、調査地 A ではそれぞれの調査日における開花植物種数は 9 種から15種の間で推移し、開花花数は 7 月下旬にかけて次第に増加していった（図 1）。調査地 B では種数は 22種から後半に最高44種にまで達した（図 2）。98年には、調査地 A の開花植物種数は、前期に22種、中期に28種、後期に32種、全期間を通して48種であり（表 5）、後期の半ばに最大に達したが、開花花数は草刈りによる消失とその後の再生を何度か繰り返していた（図 3）。98年の調査地 B では前期に37種、中期に48種、後期に41種、全期間を通して74種であり（表 5）、中期に最大に達した（図 4）。開花花数は前期に一度ピークがあるが、最大に達するのは中期であった。調査地 A と調査地 B とでは、植物の種数が大きく異なっていた。また、同じ調査地でも、年間の差が大きかった。

訪花昆虫相と気温・湿度

気温に関しては、中期において97年よりは98年の方が変動が激しかったが、推移する温度範囲はほぼ同じであった（図 5, 6, 7, 8）。訪花昆虫の個体数に関しては、97年中期に比べて98年中期の方が、調査地 A では倍以上に増加し、調査地 B では約半数に減っていた（表 5）。97年中期の調査地 A, 調査地 B とともに後半に訪花が最大に達したが、98年では調査地 A で中期の前半に、調査地 B で後期の中頃に最大に達した（図 5, 6, 7, 8）。全体的に双翅目が 8 割以上を占める日が多かったが、それ以外の昆虫のグループでは、98年に調査地 A では、前期に小型ハナバチが、中期と後期の終わり頃に甲虫が増加し（図 7）、調査地 B では前期の後半から中期の前半にかけて甲虫が、中期の後半にマルハナバチが増加した（図 8）。

植物と訪花昆虫の結びつき

二元表分によって得られた植物と昆虫との結びつきの方向と強さ（有意水準）を、図 9, 10 に示した。植物は花の形、色のグループ別に並んでいる（後の送粉シンドロームの存在の検討の結果より）。全体に $p < 0.001$ の強い結びつきが多く見られた。しかし、植物と昆虫の両方向から強い結びつきがみられたのは、97年調査地 A では、オオハナウドと双翅目、ミソガワソウとマルハナバチの2組（何らかの結びつきがみられた組み合わせ、13組中）、調査地 B では、ヤマブキショウマ雄株と鱗翅目、チシマアザミとマルハナバチなどの25組（54組中）、98年中期の調査地 A では 6 組（26組中）、調査地 B では16組（33組中）であった。

植物側からの結びつきで、植物が特に有意に（ $p < 0.001$ ）訪花を受けた（植物?昆虫）のは、マルハナバチと双翅目であった。それ以外の昆虫のグループに $p < 0.001$ で有意に多く訪花を受けた植物も、他にも強い結びつきの昆虫グループが存在したり、その昆虫の訪花回数とその植物全体の訪花回数の80%に満たなかったりしたので、訪花昆虫に関しては、むしろジェネラリストであると評価された。したがってこの群集でみられたスペシャリスト的な関係は、マルハナバチによるものと双翅目によるもののみであった。

昆虫側からの結びつき（植物?昆虫）では、マルハナバチは旗状、のど状の形態の花に集中する傾向がみられたが、それ以外の昆虫は、皿・わん状に多くみられた。

全体の傾向として、マルハナバチ媒花といわれるのど状花と旗状花は、比較的植物側からの結びつきが多く、皿・わん状花とブラシ状花は、昆虫側からの結びつきが多く認められた（例：旗状花のマメ科植物種、皿・わん状花のセリ科植物種）（二元表分析（皿・わん状とブ

ラシ状，それ以外) × (植物?昆虫，植物?昆虫)の結果，97年調査地 B で $p=0.0232$ ，98年全体で $p=0.0620$)。

送粉シンドロームの検討

二元表分析から，調査地 B において，花の形と訪花昆虫の種類との間の独立性が否定され (97年中期： $p=0.011$ ，98年前期： $p=0.033$)，花の形についての送粉シンドロームの存在が示された (表 6)。また，花の色と訪花昆虫の間にも，97年中期の調査地 B で同じく独立性が否定され ($p=0.043$)，花の色における送粉シンドロームの存在も示唆された (表 7)。しかし形，色のいずれにおいても，わずかな組のみが示され，かつ検定の有意水準は5%であり，強い関係ではなかった。

結びつきの変化

まず年変化として97年中期と98年中期を比較すると，調査地 A では両年に共通に観察された植物12グループについての結びつきの関係において，両年とも同じ関係が認められたのはわずか5組 (エゾノシシウド双翅目，オオハナウドと小型ハナバチ，オオハナウドと双翅目，ミソガワソウとマルハナバチ，シロツメクサとマルハナバチ) だけであった (いずれかの年に強い結びつきが認められた22組中) (図 9)。また，調査地 B では両年に共通に観察された植物28グループについての結びつきの関係において，両年とも同じ関係が認められたのは18組 (ヤマブキショウマ雌株と双翅目，ハマフウロと小型ハナバチ，エゾノシシウドと鞘翅目など) (55組中) であり，半数以下の組であった (図 9)。

また，98年における前期，中期，後期の間でも，時期によって開花植物種が変化するのに伴い，それぞれの昆虫グループが利用する植物グループを変化させていくことが示された (図 10)。開花期間が長期にわたる植物種 (例：セイヨウタンポポ，シロツメクサなど) についても，時期によって訪花昆虫が変化することが明らかとなった。

また，調査地間の比較では，97年中期では2つの調査地に共通にみられた13種のうち，植物と昆虫との $p < 0.001$ の強い結びつきが変化を示したのは27組 (何らかの強い結びつきがみられた32組中)，98年中期では共通種10種のうち，変化したのは16組 (22組中) であった (図 9)。植物側からと昆虫側からをそれぞれ別に検討しても，同じ様な結果が得られた。2つの調査値に共通に，両方向から強い結びつきがみられたのは，97年でオオハナウドと双翅目，ハマフウロと鱗翅目の2組 (図 9)，98年では観察期間を通してオオハナウドと双翅目，エゾノシシウドと双翅目，ナガボノシロワレモコウと双翅目，アキノキリンソウと小型ハナバチ，クサフジとマルハナバチの5組のみであった (図10)。

考察

この研究の調査地である厚岸は冷温帯気候に属し，夏が比較的短いために開花期は短い。しかし，多くの顕花植物種が次々に開花し，高い密度を保っていた。特に人為的な攪乱をほとんど受けていない調査値 B では，開花植物種や花数が明瞭な山型のカーブを描き，一般にいわれる夏の開花の減少はみられなかった。同じ調査値においても，年による開花植物種の種数の差は顕著であり，これには植物種毎の“咲き年”の存在の有無のみならず，年毎の気象条件による開花期のずれや，哺乳動物 (エゾシカ) による食害などが大きく影響しているものと考えら

れる。

主要な訪花昆虫は双翅目であり，訪花昆虫の全体の出現数の季節的な推移に最も貢献しているものと考えられるが，マルハナバチや甲虫の仲間にも一部季節的な変化が確認された。また，調査日毎のばらつきが大きいのは，目のような大きな単位で昆虫の活動をみると，季節性よりもその日の気象条件による影響が大きいことを示唆していると考えられる。昆虫の訪花個体数の年変化は，気象条件やその他の要因による，開花の量やその季節変化の違いによってもたらされたものと思われる。一つの花序に多くの昆虫個体数が訪花できる花の開花量は，昆虫の訪花個体数を左右する大きな要因であり，98年調査地Aにおける中期の双翅目のピークは，大型のセリ科植物の開花，98年調査地Bにおける後期の双翅目のピークは，キク科アキノキリンソウの開花のタイミングを反映たものである。

植物と訪花昆虫との結びつきとしては，1種対1種の厳密な関係は認められなかった。全ての植物グループが複数の昆虫グループの訪花を受け，全ての昆虫グループが複数の植物グループに訪花していた。さらに，どの時期のどちらの調査地においても，ジェネラリスト的な関係の方がスペシャリスト的な関係よりも多くみられ，多種対多種の関係が一般的であることが示唆された。

本研究では実際の調査データに基づいて，花の形質と優占する訪花昆虫のグループの間の結びつきを統計的に解析することによって，送粉シンドロームの存在を示すことができた。しかし統計的に有意な結びつきが認められたのは，ごく少数の組み合わせだけであり，その関係も比較的緩いものであった。送粉シンドロームという概念は，大まかな指標として扱われるものであり，植物と訪花動物との結びつきを決定づけるものではないことが示された。しかし一方で，送粉シンドロームの存在の証明は，人為的な攪乱の比較的小さい調査地に限られていた。このことは，送粉共生系が健全な姿で残されている場所でなければ，花と昆虫との進化的関係の一つの帰結としての送粉シンドロームを認識することが難しいことを示唆するものと思われる。

この調査地でみられた訪花昆虫の中での双翅目が優占している状態は，皿・わん状花を持つ植物種が多いことと関連したものであると思われる。しかし，これらの形態の花は，双翅目以外の昆虫にも選択的に訪花を受けており，これらの花には訪花を形態によって制約する機能はないことが示唆される。この調査地においてはマルハナバチの種数が比較的多いが，それ以外の大型ハナバチ種は非常に少なく，のど状花と旗状花の，いわゆるハナバチ媒花の植物の多くはいずれもマルハナバチによって優先的に訪花されていた。本研究の調査地では夏でも濃霧と海風のため気温が上がらず，本州の高山地に似た気象条件であり，植物相にも高山植物が混じる。マルハナバチ属は低温に対応していることが知られており（ハインリッチ，1991），この調査地における大型ハナバチ相でのマルハナバチの優占状態がみられるものと思われる。マルハナバチによって優占されていた花は，他の訪花昆虫を妨げる形態であることが示唆された一方で，小型双翅目による盗花粉や鱗翅目による盗蜜もいくつか観察された。この調査地における，開花植物と訪花昆虫との結びつきの概要を図に示した（図11）。

開花植物と訪花昆虫との結びつきは，空間的にも時間的にも変動が大きいことが示された。これらの結果はこれまで温帯における群集でのいくつかの研究でも示されているものである（eg. McCall and Primack 1992, Kato et al. 1993, Bosch et al. 1997）。比較的緩い送粉シンドロームが存在し，ある程度の訪花のパターンが成り立つ一方で，結びつきが定まることは稀であ

り，植物と昆虫とは互いに，その場の状況に応じて利用し合う関係を変化させ得ることが示唆された。

今後の課題としては，さらに送粉共生系を細部まで理解することができるように，昆虫グループをより細かく分類すること，また，形，色以外に昆虫の訪花に影響する要因（花粉や蜜などの報酬，香り，開花時間帯）などについても検討することが必要であると思われる。

引用，参考文献

- 井上 健，湯本貴和 編．1993．シリーズ共生系 3 昆虫を誘い寄せる戦略．平凡社
- 井上民二，加藤真 編．1993．シリーズ共生系 4 花に引き寄せられる動物．平凡社
- 鮫島惇一郎，辻井達一，梅沢俊．1993．北海道の花．北海道大学図書刊行会
- 田中 肇．1988．虫媒花と風媒花の観察．ニュー・サイエンス社
- 田中 肇．1997．エコロジーガイド 花と昆虫がつくる自然．保育社
- ベルンド・ハインリッチ 著，井上民二 監訳．1991．マルハナバチの経済学．文一総合出版
- 鷺谷いづみ，鈴木和雄，加藤真，小野正人．1997．マルハナバチ・ハンドブック．文一総合出版
- Arroyo, M.T.K. 1982. Community studies in pollination ecology in the high temperate andes of central chile.I. Pollination mechanisms and altitudinal variation. Amer. J. Bot. 69(1): 82-97
- Baker, H. G. 1963. Evolutionary mechanisms in pollination biology. Science 139: 877-883
- Bosch, J., J. Retana and X. Cerda 1997. Flowering phenology, floral traits and pollinator composition in a herbaceous Mediterranean plant community. Oecologia. 1997: 583-591
- Faegri, K. and L. van der pijl. 1971. The principles of pollination ecology. Pergamon press Ltd.
- Horvitz, C.C. and D.W. Schemske. 1990. Spatiotemporal variation in insect mutualist of a neotropical herb. Ecology. 71(3): 1085-1097
- Howe, H.F. 1984. Constraints on the evolution of mutualisms. The American Naturalist. 123(6): 764-777
- Kato, M., M. Matsumoto and T. Kato. 1993. Flowering phenology and anthophilous insect community in the cool-temperate subalpine forests and meadows at Mt. Kusigata in the central of Japan. Contr. biol. Lab. Kyoto Univ. 28: 119-172
- Kevan, P.G., E.A. Tikhmenev and M. Usui. 1993. Insects and plants in the pollination ecology of the boreal zone. Ecological Research. 8: 247-267
- McCall, C. and R.B. Primack. 1992. Influence of flower characteristics, weather, time of day, and season on insect visitation rates in three plant communities. Ame. J. of Botany 79(4): 434-442
- Momose, et al. 1998. Pollination biology in a lowland eipterocarp forest in Sarawak, Malaysia. I. characteristics of the plant-pollinator community in a lowland dipterocarp forest. Ame. J. of Botany 85(10): 1477-1501
- Parrish, J.A. D. and F.A. Bazzaz. 1979. Difference in pollination niche relationships in early and late successional plant communities. Ecology. 60(3): 597-610
- Travest, A. and E. Saez. 1997. Pollination of Euphorbia dendroides by lizards and insects: Spatio-temporal variation in patterns of flower visitation. Oecologia. 111: 241-248

- Yumoto, T. 1986 The ecological pollination syndromes of insect-pollinated plants in an alpine meadow. *Ecological Research*. 1: 83-95
- van der Pijl, L. 1960. Ecological aspects of flower evolution. II. Zoophilous flower classes. *Evolution*. 15: 44-59
- Waser, N.M., L. Chittka, M.V. Price, N.M. Williams and J. Ollerton. 1996. Generalization in pollination systems, and why it matters. *Ecology*. 77(4): 1043-1060

表1 97年調査地Aにおける，調査期間中に開花を確認した植物グループとその一日あたりの最大開花花数，調査期間中の訪花昆虫個体数，花の形，色，訪花昆虫型。

	植物グループ	最大花数	訪花昆虫数	花の形 ¹	花の色 ²	訪花昆虫型 ³
キク科	チシマアザミ	4	10	br	r	
	セイヨウタンポポ	26	29	br	y	G
シソ科	ミソガワソウ	114	15	g	v	S-B
	ウツボグサ	2	0	g	v	
セリ科	エゾボウフウ	34	16	d	w	G
	エゾノヨロイグサ	17	154	d	w	
	シャク	1	0	d	w	
	エゾノシシウド	9	68	d	w	
	オオハナウド	38	863	d	w	S-D
	オオカサモチ	3	43	d	w	
フウロソウ科	ハママフウロ	118	108	d	v	
マメ科	ナンテンハギ	6	0	fl	v	
	シロツメクサ	800	4	fl	w	S-B
	アカツメクサ	41	1	fl	r	
バラ科	キンミズヒキ	3	0	d	y	
	ヤマブキショウマ雄株	2	33	d	w	G
	ヤマブキショウマ雌株	10	12	d	w	
	ダイコンソウ	3	0	d	y	
キンポウゲ科	シコタンキンポウゲ	13	1	d	y	
	アキカラマツ	1	2	br	w	
ユリ科	バイケイソウ	13	80	d	gw	G
計20種			1439			

1 ; d : 皿・わん状，br : プラシ状，t : 管状，be : つりがね状，fu : ろうと状，fl : 旗状，g : のど状

2 ; y : 黄色，w : 白，f : 赤色，v : 紫色，gh : 黄緑色

3 ; G : ジェネラリスト花，S-D : スペシャルリスト（双翅目）花，S-B : スペシャルリスト（マルハナバチ）花（本文参照）

表2 97年調査地Bにおける，調査期間中に開花を確認した植物グループとその一日あたりの最大開花花数，調査期間中の訪花昆虫個体数，花の形，色，訪花昆虫型。

	植物グループ	最大花数	訪花昆虫数	花の形 ¹	花の色 ²	訪花昆虫型 ³
キク科	キタノコギリソウ	42	33	d	w	
	チシマアザミ	21	53	br	r	G
	トウゲブキ	709	775	d	y	
	コウゾリナ	376	102	br	y	G
オミナエシ科	セイヨウタンポポ	42	21	br	y	
	ハマオミナエシ	38	80	d	y	G
アカネ科	エゾカワラマツバ	306	274	d	y	G
キキョウ科	ツリガネニンジン	173	51	be	v	S-D
ゴマノハグサ科	エゾコゴメグサ	1	0	d	w	
	シオガマギク	161	7	t	r	S-B
シソ科	オドリコソウ	1	0	g	r	
	ウツボグサ	402	11	g	v	S-B
	ナミキソウ	1	0	g	v	
	クルマバナ	35	1	g	r	S-B
セリ科	エゾボウフウ	27	11	d	w	
	エゾノヨロイグサ	7	45	d	w	S-D
	エゾノシシウド	39	552	d	w	S-D
	コガネサイコ	14	10	d	y	
	オオハナウド	41	1703	d	w	S-D
	マルバトウキ	41	64	d	w	S-D
	オオカサモチ	61	625	d	w	S-D
	フウロソウ科	ハマフウロ	1397	874	d	v
アカバナ科	イチゲフウロ	17	0	d	w	
	オオマツヨイグサ	17	0	t	y	
マメ科	イワアカバナ	47	0	t	r	
	ハマエンドウ	33	0	fl	r	
バラ科	エゾノレンリソウ	3	0	fl	r	
	ミヤコグサ	142	0	fl	r	
	センダイハギ	155	0	fl	r	
	クサフジ	2345	140	fl	v	G
	ナンテンハギ	135	12	fl	v	S-B
	シロツメクサ	12000	162	fl	w	S-B
	アカツメクサ	766	36	fl	r	G
	キンミズヒキ	4	1	d	y	
	ヤマブキショウマ雄株	95	664	d	w	G
	ヤマブキショウマ雌株	26	283	d	w	G
ベンケイソウ科	ダイコンソウ	38	5	d	y	
	ヒロハカワラサイコ	5	0	d	y	
	カラフトイバラ	9	17	d	f	G
	ナガボノシロワレモコウ	39	113	br	w	S-D
	キリンソウ	45	20	d	y	G
	エゾノキリンソウ	222	24	d	y	G
オトギリソウ科	ハイオトギリ	14	4	d	y	
ナデシコ科	エゾカワラナデシコ	16	0	tu	r	
	オオヤマフスマ	-	0	d	w	
キンポウゲ科	シコタンキンポウゲ	117	16	d	y	G
	アキカラマツ	4	8	br	w	
ラン科	スズムシソウ	1	0	t?	r	
	オオヤマサギソウ	1	0	t?	gw	
アヤメ科	ヒオウギアヤメ	296	31	g	v	G
ユリ科	ゼンテイカ	41	0	fu	y	
	エゾスカシユリ	7	0	fu	y	
計51種			6837			

1, 2, 3 ; 表1と同じ

表3 98年調査地Aにおける、調査期間中に開花を確認した植物グループとその一日あたりの最大開花花数、調査期間中の訪花昆虫個体数、花の形、色、訪花昆虫型。

	植物グループ	最大花数	訪花昆虫数	訪花回数	花の形 ¹	花の色 ²	訪花昆虫型 ³			
							前期	中期	後期	
キク科	アキタブキ雄株	7	1	1	d	w				
	アキタブキ雌株	6	0	0	d	w				
	セイヨウタンポポ	6772	1179	1269	br	y	G	S-D	G	
	コウゾリナ	42	41	56	br	y			G	
	チシマアザミ	4	33	34	br	r			G	
	エゾゴマナ	1870	566	1374	d	w				
	ノコギリソウ	12	14	14	d	w				
	ノブキ	21	1	2	d	w				
	アキノキリンソウ	17	106	115	d	y			G	
	キオン	17	25	30	d	y			G	
	ヤマハハコ	11	28	31	d	w			G	
キキョウ科	ツリガネニンジン	148	33	36	be	v				
	シソ科	オドリコソウ	163	1	13	g	v			
		ウツボグサ	200	4	5	g	v			
リンドウ科	ミソガワソウ	551	265	1138	g	v		G	G	
	クルマバナ	158	2	4	g	r				
	フデリンドウ	21	0	0	be	v				
セリ科	エゾボウフウ	53	108	110	d	w	G	G		
	エゾノシシウド	26	954	959	d	w	G	S-D		
	オオハナウド	49	2186	2187	d	w		S-D		
	ウマノミツバ	7	15	15	d	w				
	カラフトニンジン	4	23	24	d	w			G	
フウロソウ科	チシマフウロ	108	372	451	d	r		G	G	
	ゲンノショウコ	102	27	46	d	w			G	
	ミツバフウロ	208	10	21	d	w			S-D	
ツリフネソウ科	キツリフネ	88	79	150	g	y			G	
マメ科	シロツメクサ	4942	132	346	fl	w		G	S-B	
	アカツメクサ	296	41	69	fl	r		G	G	
	ナンテンハギ	15	4	7	fl	v				
	クサフジ	49	17	46	fl	v			S-B	
カタバミ科	カタバミ	58	5	5	d	y				
バラ科	キジムシロ	350	32	42	d	y	G			
	ダイコンソウ	6	6	6	d	y				
	エゾクサイチゴ	3	0	0	d	w				
	ミツモトソウ	16	1	0	d	y				
	キンミズヒキ	81	38	40	d	y			S-D	
	ナガボノシロワレモコウ	31	154	173	br	w			S-D	
	ヤマブキショウマ雌株	12	65	65	d	w		G		
	アブラナ科	ハマハタザオ	31	2	2	d	w			
	ヤマハタザオ	12	1	1	d	w				
	コンロンソウ	29	33	34	d	w	G			
スミレ科	ツボスミレ	89	0	0	g	v				
ナデシコ科	オオヤマフスマ	2	0	0	d	w				
キンボウゲ科	シコタンキンボウゲ	69	21	24	d	y				
ケシ科	エゾエンゴサク	101	0	0	fl	v				
タデ科	イヌタデ	22	1	2	d	w				
	アキノウナギツカミ	3	0	0	d	w				
ユリ科	オオバナノエンレイソウ	11	1	0	d	w				
	キバナノアマナ	98	0	0	d	y				
計48種		6550	8946							

1, 2, 3 ; 表1と同じ

表4 98年調査地Bにおける，調査期間中に開花を確認した植物グループとその一日あたりの最大開花数，調査期間中の訪花昆虫個体数，花の形，色，訪花昆虫型。

	植物グループ	最大花数	訪花昆虫数	訪花回数	花の形1	花の色2	訪花昆虫型 ³		
							前期	中期	後期
キク科	アキタブキ雄株	16	4	4	d	w			
	エゾタンポポ	68	17	17	br	y	G		
	セイヨウタンポポ	5120	572	644	br	y	S-D		
	チシマアザミ	162	67	76	br	r		G	G
	ヒメジョオン	10613	229	278	d	w		S-D	S-D
	ノブキ	43	2	2	d	w			
	ノコギリソウ	2930	833	906	d	w		S-D	S-D
	コウゾリナ	2631	221	290	br	y		G	G
	トウゲブキ	5461	534	680	br	y		G	
	アキノキリンソウ	577	575	642	d	y			G
	ヤマハハコ	3239	2149	2364	d	w			
	ヒヨドリバナ	7	3	3	br	w			
	コハマギク	119	98	120	d	w			G
オミナエシ科	ハマオミナエシ	64	28	29	d	y			G
アカネ科	エゾカワラマツバ	1070	47	47	d	w		G	
キキョウ科	ツリガネニンジン	2316	52	71	be	v		G	G
ゴマノハグサ科	シオガマギク	503	3	11	t	r			
	エゾコゴメグサ	1015	0	0	g	w			
シソ科	クルマバナ	3452	22	95	g	r		G	G
	ウツボグサ	4229	13	58	g	v		S-B	
	ナギナタコウジュ	367	31	57	br	r			G
リンドウ科	フデリンドウ	15	0	0	be	v			
	エゾリンドウ	18	5	5	be	v			
	ハナイカリ	207	0	0	be	gw			
サクラソウ科	ツマトリソウ	103	0	0	d	w			
	クサレダマ	296	0	0	d	y			
セリ科	カラフトニンジン	10	10	10	d	w			
	エゾノヨロイグサ	3	10	10	d	w			
	マルバトウキ	314	136	139	d	w			
	オオハナウド	23	236	236	d	w			S-D
	エゾノシシウド	133	282	282	d	w	G		G
	エゾボウフウ	47	2	2	d	w			
	ホタルサイコ	4	0	0	d	y			
フウロソウ科	ハマフウロ	9550	1467	1904	d	r		G	
マメ科	エゾヤマハギ	876	3	7	n	v			
	クサフジ	5233	149	557	n	v		S-B	S-B
	ナンテンハギ	414	3	3	n	v			
	センダイハギ	859	9	39, 3	n	y	S-B		
	ヤブマメ	17	0	0	n	v			
	ハマエンドウ	207	6	6	n	v			
	シロツメクサ	53202	230	1023	n	w	S-B	S-B	S-B
	アカツメクサ	5189	49	81	n	r		G	S-B
カタバミ科	カタバミ	19	0	0	d	y			
バラ科	ダイコンソウ	80	16	5	d	y			
	エゾクサイチゴ	445	18	19	d	w	G		
	キジムシロ	10450	238	305	d	y	G		
	ヤマブキショウマ	883	904	908	d	w	G	G	
	ヤマブキショウマ	162	133	132	d	w		G	
	ナガボノシロワレモコウ	2977	1502	1653	br	w		S-D	S-D
	キンミズヒキ	156	5	6	d	y			
	ヒロハノカワラサイコ	301	24	30	d	y			G
ベンケイソウ科	エゾノキリンソウ	123	0	0	d	y			
	キリンソウ	27	4	2	d	y			
アブラナ科	ハマハタザオ	9	1	1	d	w			

(表4の続き)

	ヤマハタザオ	93	2	2	d	w	
	ヤマガラシ	1217	51	52	d	w	G
スマレ科	ツボスマレ	83	0	0	g	v	
	エゾノタチツボスマレ	2	0	0	g	v	
	シロバナスマレ	22	0	0	g	w	
	スマレ	19	0	0	g	v	
オトギリソウ科	ハイオトギリ	62	3	0	d	y	
ナデシコ科	オオヤマフスマ	1463	0	0	d	w	
	エゾカワラナデシコ	44	1	1	t	r	
キンポウゲ科	シコタンキンポウゲ	1234	153	163	d	y	G
	アキカラマツ	6	1	1	br	w	
ケシ科	エゾエンゴサク	223	0	0	n	v	
ラン科	ネジバナ	21	0	0	t	r	
	ハクサンチドリ	173	0	0	g	r	
	キソチドリ	82	0	0	t?	gw	
アヤメ科	ヒオウギアヤメ	492	22	25	g	v	
ユリ科	スズラン	98	2	4	be	w	
	ヒメイズイ	2	0	0	be	w	
	ナルコユリ	6	0	0	be	w	
	オオバナノエンレイソウ	1	0	0	d	w	
	マイヅルソウ	30	0	0	d?	w	
	計74種	11177	14006				

1, 2, 3; 表1と同じ

表5 調査期間中に出現した開花植物種数と訪花昆虫個体数。

調査地	年	開花植物（種数）				訪花昆虫（個体数）			
		前期	中期	後期	全体	前期	中期	後期	全体
A	97		20				1439		
	98	22	28	32	48	1067	3813		6550
B	97		51				6837		
	98	37	48	41	74	1357	3453	6367	11177

表6 植物種を花の形と訪花昆虫とのグループに分けた二元表とFisherの直接方の解析結果。上段は調査地A，下段は調査地Bについて示す。Gen：ジェネラリスト花，S-D：スペシャリスト（双翅目）花，S-B：スペシャリスト（マルハナバチ）花

調査地 A

訪花昆虫 花の形	97年中期				98年前期				98年中期				98年後期			
	Gen	S-D	S-B	計	Gen	S-D	S-B	計	Gen	S-D	S-B	計	Gen	S-D	S-B	計
皿・わん状	3	1	0	4	4	0	0	4	3	2	0	5	7	2	0	9
ブラシ状	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	2	1	0	3
管状	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
のど状	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	2	0	0	2
旗状	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	2	1	0	2	3
つりがね状	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
計	4	1	2	7	5	0	0	5	6	3	0	9	12	3	2	17
Fisher の 直接方 p 値	0.371				-				0.762				0.192			

調査地 B

訪花昆虫 花の形	97年中期				98年前期				98年中期				98年後期			
	Gen	S-D	S-B	計	Gen	S-D	S-B	計	Gen	S-D	S-B	計	Gen	S-D	S-B	計
皿・わん状	10	5	0	15	6	0	0	6	7	3	0	10	5	2	0	7
ブラシ状	1	1	0	2	1	1	0	2	1	1	0	2	2	1	0	3
管状	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
のど状	1	0	2	3	0	0	0	0	1	0	1	2	1	0	0	1
旗状	2	0	2	4	0	0	2	2	1	0	2	3	0	0	3	3
つりがね状	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1
計	14	7	5	26	7	1	2	10	11	4	3	18	9	3	3	15
Fisher の 直接方 p 値	0.011				0.033				0.163				0.059			

表7 植物種を花の形と訪花昆虫とのグループに分けた二元表とFisherの直接方の解析結果。上段は調査地A，下段は調査地Bについて示す。Gen：ジェネラリスト花，S-D：スペシャリスト（双翅目）花，S-B：スペシャリスト（マルハナバチ）花

調査地A

訪花昆虫 花の形	97年中期				98年前期				98年中期				98年後期			
	Gen	S-D	S-B	計	Gen	S-D	S-B	計	Gen	S-D	S-B	計	Gen	S-D	S-B	計
黄	1	0	0	1	2	0	0	2	0	1	0	1	5	1	0	6
白	2	1	1	4	3	0	0	3	3	2	0	5	3	2	1	6
赤	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	0	0	2
紫	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	2	2	0	1	3
黄緑	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計	4	1	2	7	5	0	0	5	6	6	0	12	12	3	2	17
Fisher の 直接方 p 値	1.000				-				0.762				0.555			

調査地B

訪花昆虫 花の形	97年中期				98年前期				98年中期				98年後期			
	Gen	S-D	S-B	計	Gen	S-D	S-B	計	Gen	S-D	S-B	計	Gen	S-D	S-B	計
黄	5	0	0	5	4	1	1	6	2	0	0	2	4	0	0	4
白	3	6	1	10	3	0	1	4	4	4	1	12	1	3	1	5
赤	3	0	2	5	0	0	0	0	3	0	0	3	3	0	1	4
紫	3	1	2	6	0	0	0	0	2	0	2	4	1	0	1	2
黄緑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計	14	7	5	26	7	1	2	10	11	4	3	18	9	3	3	15
Fisher の 直接方 p 値	0.043				1.000				0.266				0.061			

- 植物グループ
- セイヨウタンポポ
 - ミソガワソウ
 - オオハナウド
 - シャク
 - シコタンキンポウゲ
 - エゾボウフウ
 - ヤマブキショウマ雌株
 - バイケイソウ
 - エゾノシシウド
 - ウツボグサ
 - オオカサモチ
 - シロツメクサ
 - ダイコンソウ
 - ヤマブキショウマ雄株
 - アカツメクサ
 - ナンテンハギ
 - ハマフウロ
 - エゾノヨロイグサ
 - チシマアザミ
 - キンミスヒキ
 - アキカラマツ

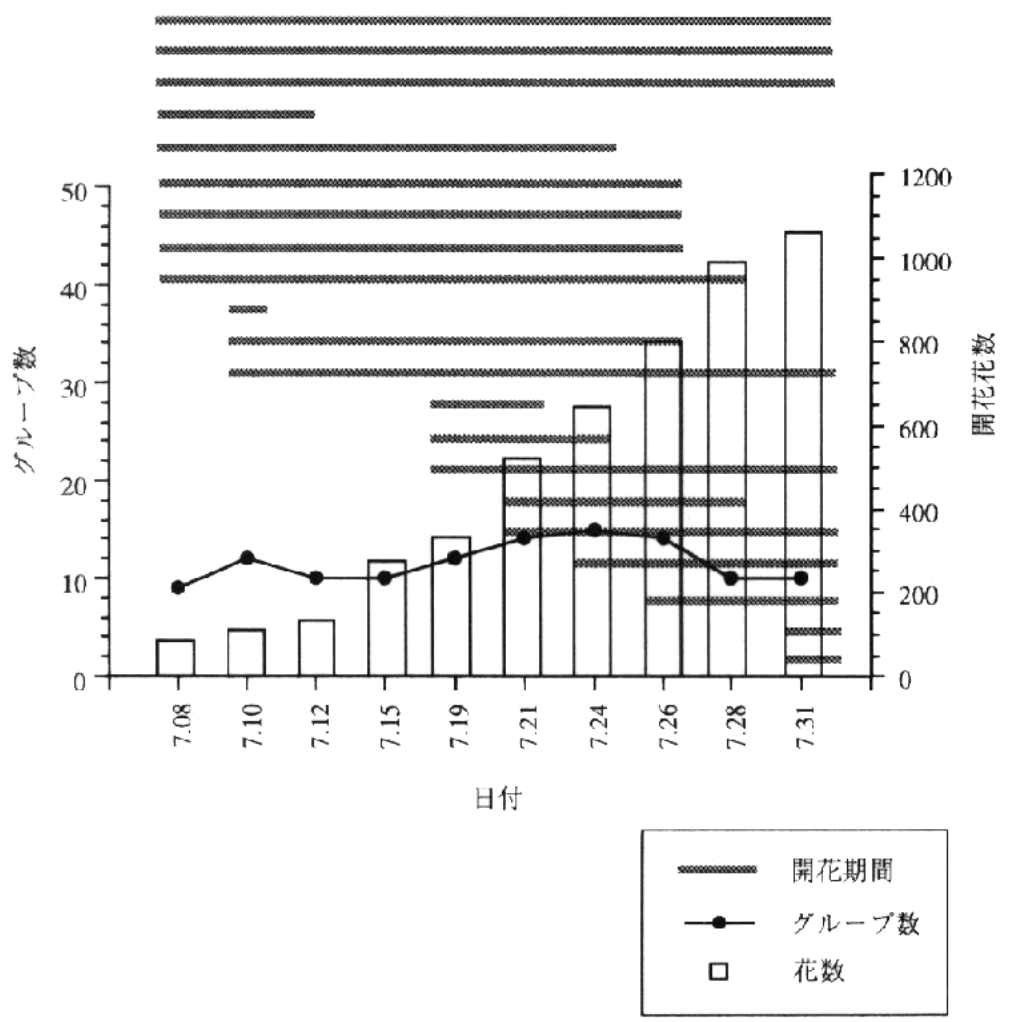


図1 97年調査地Aにおける開花植物グループと開花期間，調査期間中の植物グループ数，開花花数の変化。

- 植物グループ
- セイヨウタンポポ
 - シオガマギク
 - ウツボグサ
 - エゾノシシウド
 - オオハナウド
 - チシマフウロ
 - ハマエンドウ
 - クサフジ
 - ナンテンハギ
 - シロツメクサ
 - アカツメクサ
 - ヤマブキショウマ雄株
 - ヤマブキショウマ雌株
 - ダイコンソウ
 - エゾノキリンソウ
 - ヒオウギアヤメ
 - エツボウフウ
 - オオカサモチ
 - センダイハギ
 - シコタンキンポウゲ
 - トウゲブキ
 - ツリガネニンジン
 - マルバトウキ
 - コウゾリナ
 - ミヤコグサ
 - キリンソウ
 - チシマアザミ
 - ナガボノシロワレモコウ
 - ハマオミナエシ
 - エゾカワラマツバ
 - イワアカバナ
 - キタノコギリソウ
 - クルマバナ

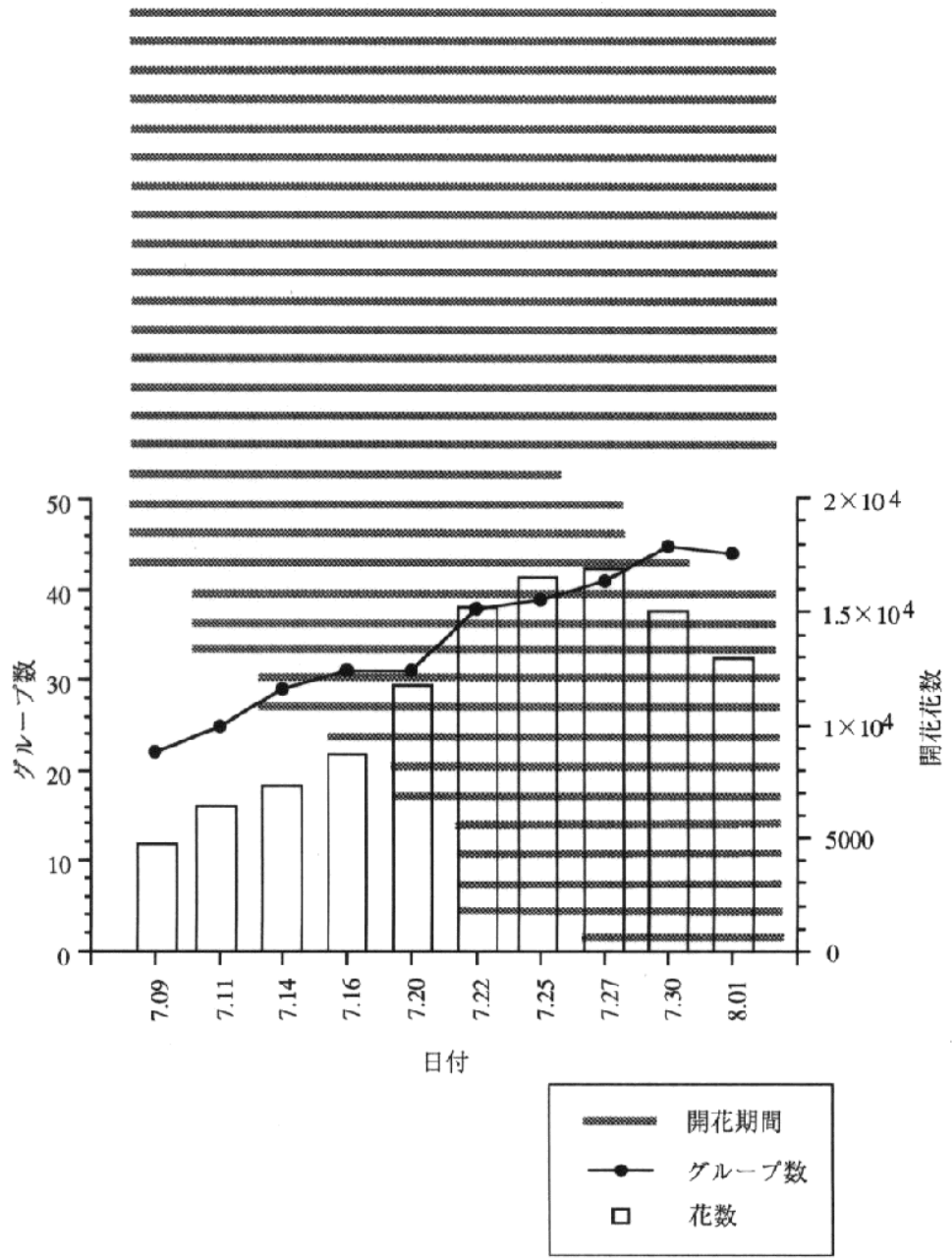


図2 97年調査地Bにおける開花植物グループと開花期間（開花花数がわずかなものは除く），調査期間中の植物グループ数，開花花数の変化。

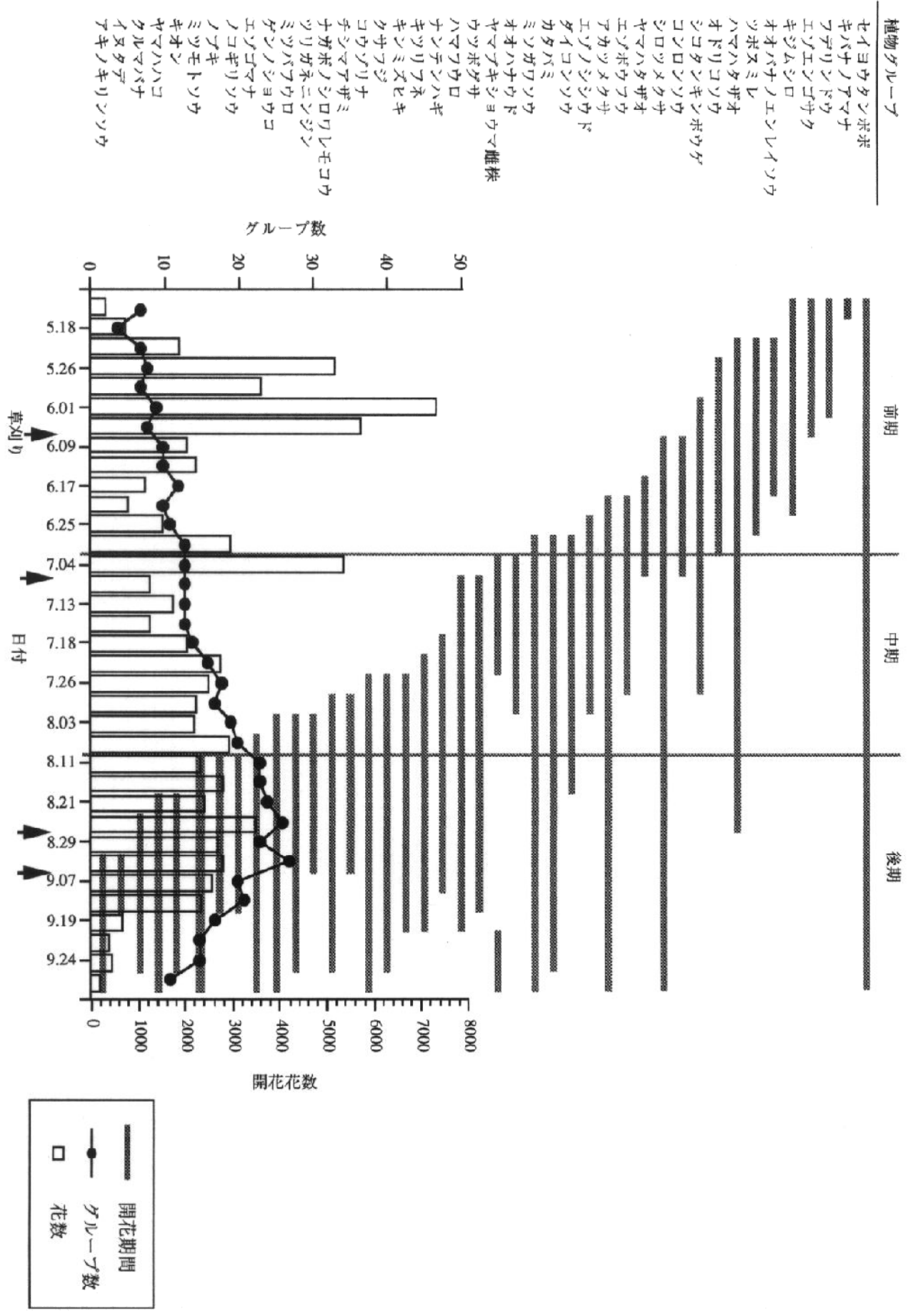
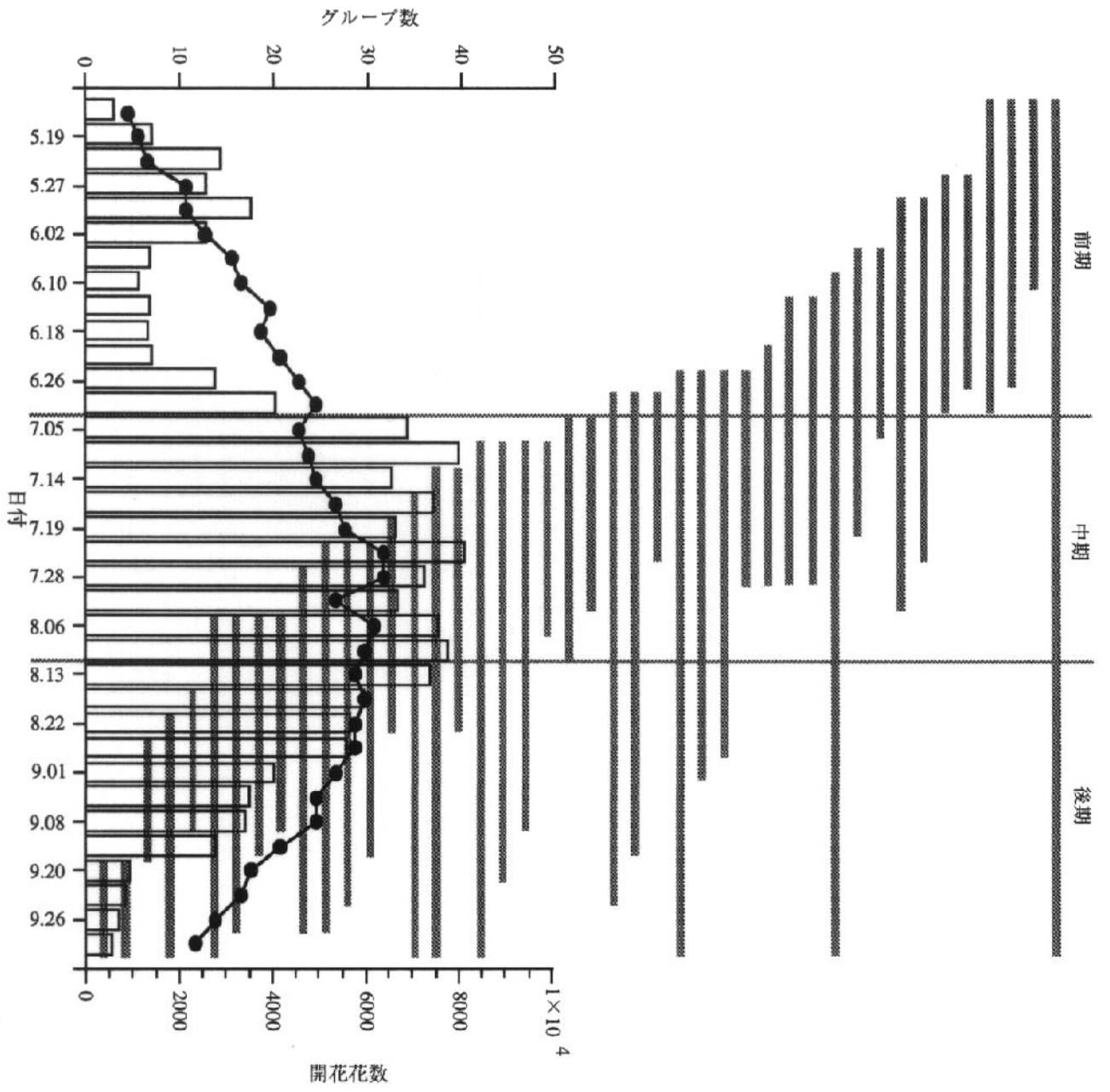


図3 97年調査地Bにおける開花植物グループと開花期間（開花花数がわずかなものは除く）、調査期間中の植物グループ数、開花花数の変化。

- 植物グループ
- セネヨウタンシホ
 - エゾエンゴサク
 - ヤマガラシ
 - キジムシロ
 - エゾクサノチヂミ
 - ハクサンチドリ
 - センダイハギ
 - シコタンキンボウグサ
 - ツツトリソウ
 - オオヤマソラスズ
 - シロツメクサ
 - エゾノシシウド
 - ハマエンドウ
 - ヒメウギアヤメ
 - ヤマブキシヨウウ
 - ナシテシハギ
 - ウツボグサ
 - アカツメクサ
 - ヤマブキシヨウウ
 - シホガク
 - ハマフウロ
 - オオハナウロ
 - ワルバトウキ
 - エゾノキリンソウ
 - クサフジ
 - チシマアザミ
 - ヒメジヨオキ
 - トウゲアオ
 - コウゾリナ
 - ナガボノシロフシ
 - エゾカワラマツバ
 - タルマハナ
 - ツリガネニンジン
 - ノコギリソウ
 - ヒロハノカワラサイコ
 - ハチノカリ
 - エゾヤマハギ
 - キンミズヒキ
 - ヤマハハコ
 - クサレタマ
 - アキノキリンソウ
 - エゾコゴメグサ
 - コハマギク
 - ナギナタコウゾユ



開花期間
 ● グループ数
 □ 花数

図4 97年調査地Bにおける開花植物グループと開花期間 (開花花数がわずかなものは除く), 調査期間中の植物グループ数, 開花花数の変化。

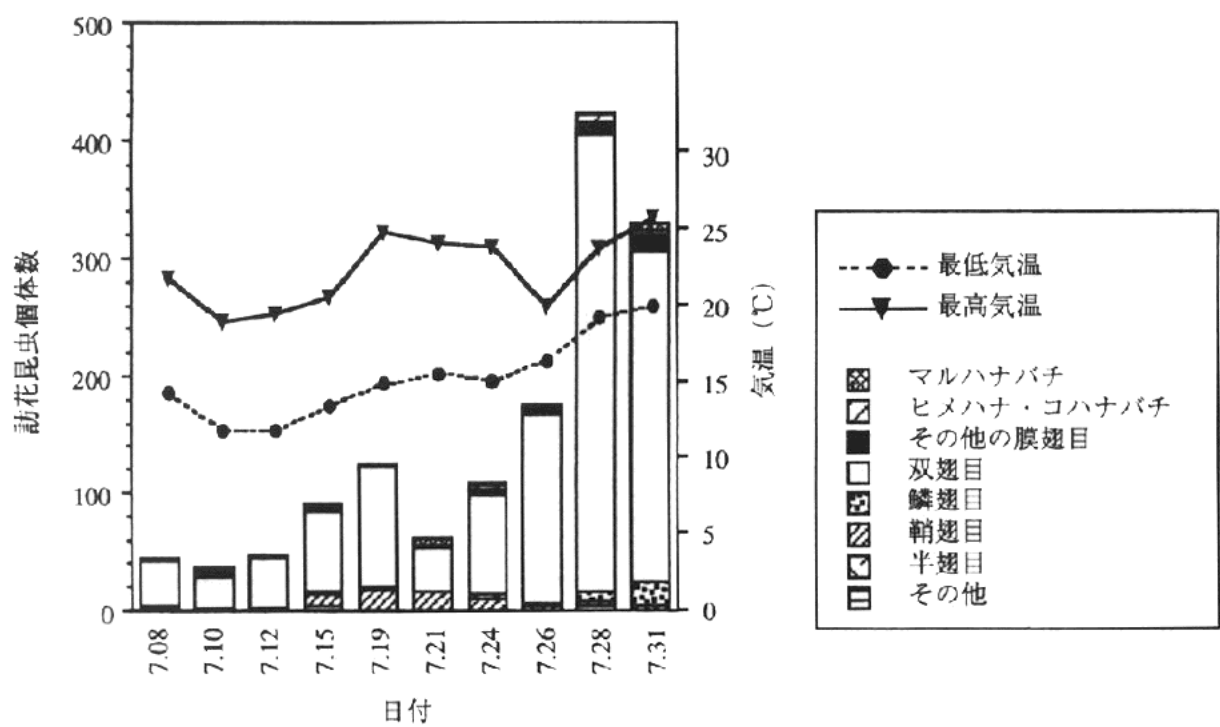


図5 97年調査地Aにおける，調査時間帯の最低・最高気温と各調査日内の観察された訪花昆虫の個体数。

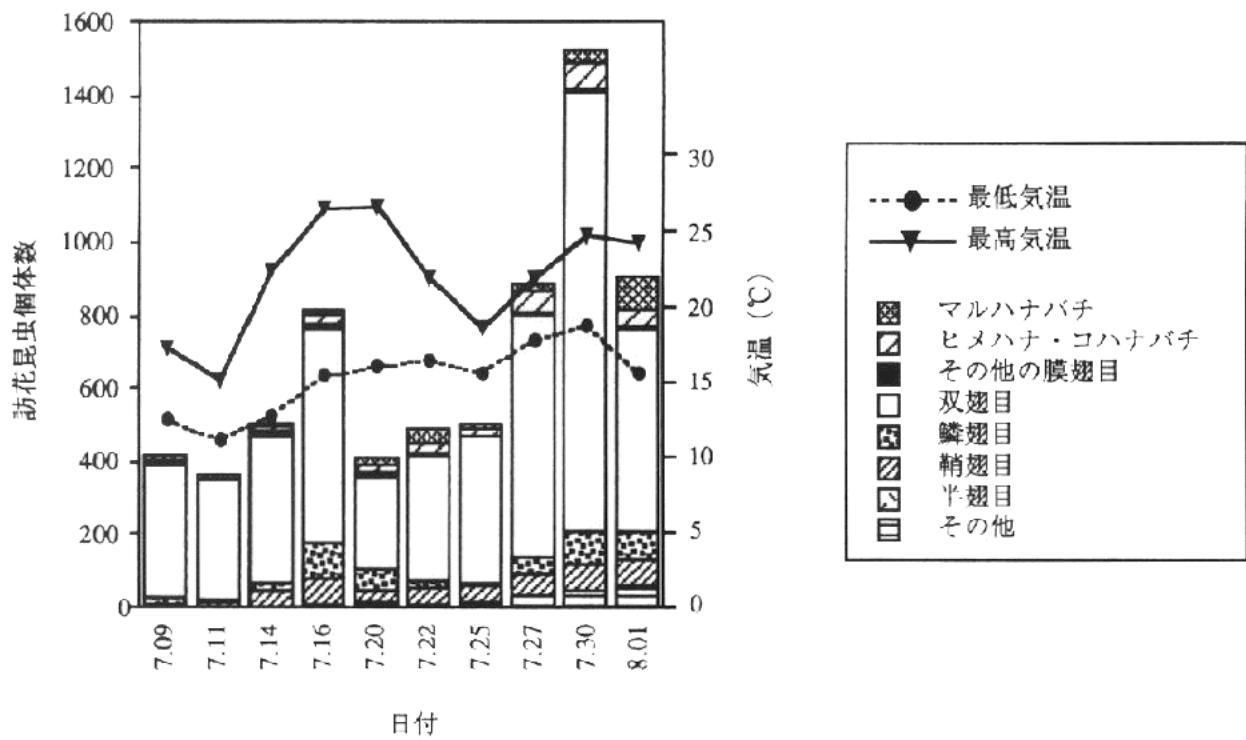


図6 97年調査地Bにおける、調査時間帯の最低・最高気温と各調査日内の観察された訪花昆虫の個体数。

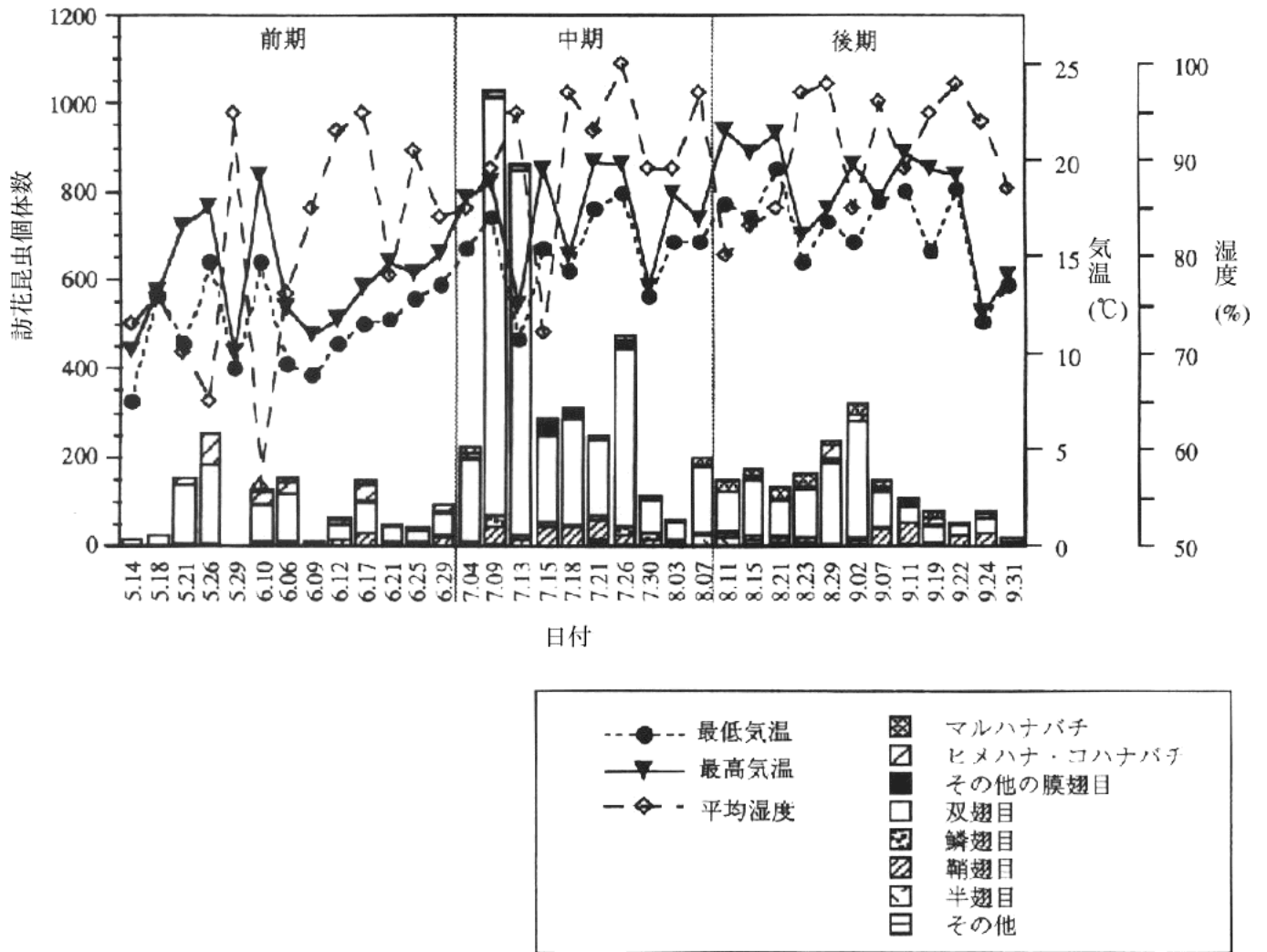


図7 98年調査地Aにおける，調査時間帯の最低・最高気温と各調査日内の観察された訪花昆虫の個体数。

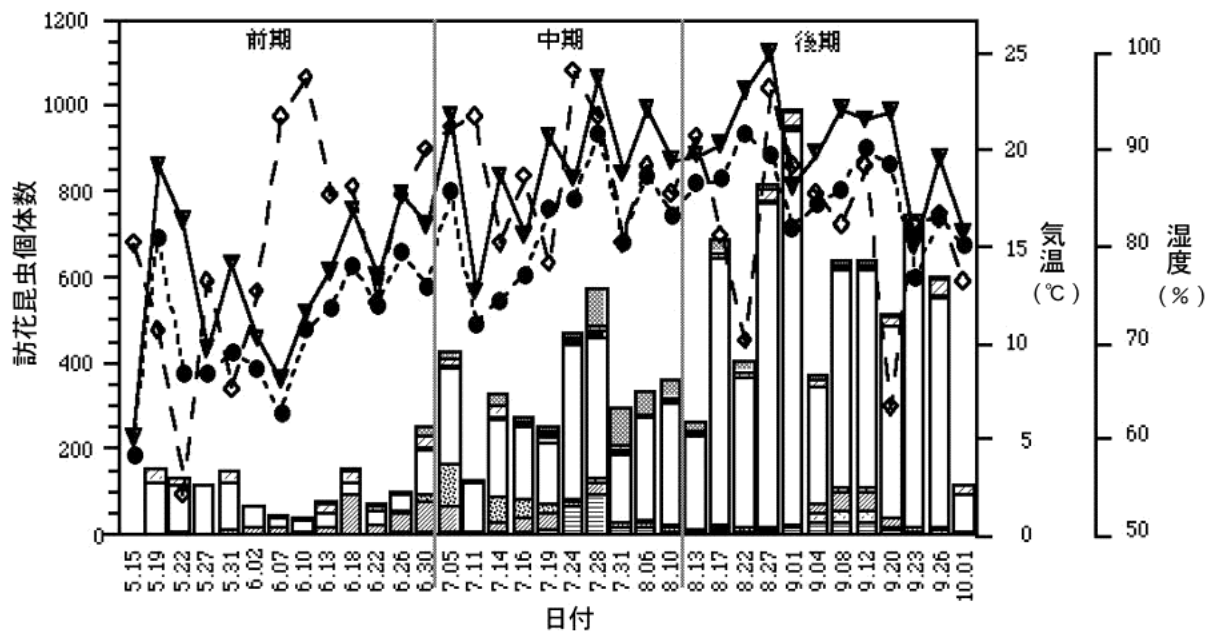


図 8 98年調査地Bにおける、調査時間帯の最低・最高気温と各調査日内の観察された訪花昆虫の個体数

花の形	<調査地A>						<調査地B>					
	植物	訪花昆虫	マルハナバチ	小型ハナバチ	その他のハチ	その他	植物	訪花昆虫	マルハナバチ	小型ハナバチ	その他のハチ	その他
皿・わん状	バイケイソウ	97 98			←	←						
		97 98										
ヤマブキショウマ	雄株	97 98				←	ヤマブキショウマ					
	雌株	97 98					雌株					
ヤマブキショウマ	雌株	97 98					雌株					
		97 98										
ハマフウロ		97 98			↑	↑	ハマフウロ					
		97 98										
エゾボウフウ		97 98			↑	↑						
		97 98										
エゾノシシウド		97 98			↑	↑	エゾノシシウド					
		97 98										
オオハナウド		97 98			↑	↑	オオハナウド					
		97 98					マルバトウキ					
オオカサモチ		97 98			↑	↑	オオカサモチ					
		97 98										
エゾノヨロイグサ		97 98			↑	↑	エゾノヨロイグサ					
		97 98					ハマオミナエシ					
エゾノヨロイグサ		97 98										
		97 98					エゾカワラマツバ					
ノコギリソウ		97 98										
		97 98					ヒメジョオン					
トウゲブキ		97 98										
		97 98					ヒメジョオン					
ナガボノシロワレモコウ		97 98			↑	↑	ナガボノシロワレモコウ					
		97 98					セイヨウタンポポ					
セイヨウタンポポ		97 98			↑	↑						
		97 98					コウゾリナ					
コウゾリナ		97 98			↑	↑						
		97 98					チシマアザミ					
チシマアザミ		97 98										
		97 98					ヒオウギアヤメ					
ヒオウギアヤメ		97 98										
		97 98					ミソガワソウ					
ミソガワソウ		97 98										
		97 98					クマルバナ					
クマルバナ		97 98										
		97 98					ウツボグサ					
ウツボグサ		97 98										
		97 98					クサフジ					
クサフジ		97 98										
		97 98					ナンテンハギ					
ナンテンハギ		97 98										
		97 98					シロツメクサ					
シロツメクサ		97 98										
		97 98					アカツメクサ					
アカツメクサ		97 98										
		97 98					シオガマギク					
シオガマギク		97 98										
		97 98					ツリガネニンジン					
ツリガネニンジン		97 98										
		97 98					ツリガネニンジン					

p 値	0.05	0.01	0.001
花から	→	⇔	↑
昆虫から	←	⇔	↓

図9 開花植物と訪花昆虫との結びつきの年間の比較。植物は花の形のグループ別に並んでいる。(97)は97年にのみ調査路上で観察された植物を示す。

<調査地A>

花の形 植物	訪花昆虫			マルハナバチ			小型ハナバチ			その他のハチ			双翅目			鱗翅目			鞘翅目			半翅目			その他		
	前	中	後	前	中	後	前	中	後	前	中	後	前	中	後	前	中	後	前	中	後	前	中	後			
皿・わた状 キジムシロ コンロンソウ エゾボウフウ エゾノシシウド						⇔																					
													←					→									
													←	←				→									
													←	←				→									
ヤマブキショウマ雌株 オオハナウド																											
ハマフウロ																											
アキノキリンソウ ヤマハハコ キンミズヒキ ゲンノショウコ ミツバフウロ カラフトニンジン エゾゴマナ																											
ブラシ状 セイヨウタンポポ コウゾリナ ナガボノシロワレモコウ チシマアザミ																											
のど状 ミンガワソウ																											
旗状 キツリフネ シロツメ アカツメ クサフジ																											
つりがね状 ツリガネニンジン																											

p 値	0.05	0.01	0.001
花から	→	⇔	→
昆虫から	←	⇔	←

図10 開花植物と訪花昆虫との結びつきの季節変化。植物は花の形のグループ別に並んでいる。

<調査地A>				<調査地B>														
花の色	植物	訪花昆虫			双翅目	鱗翅目	鞘翅目	半翅目	その他	植物	訪花昆虫			双翅目	鱗翅目	鞘翅目	半翅目	その他
		マルハナバチ	小型ハナバチ	その他のハチ							マルハナバチ	小型ハナバチ	その他のハチ					
黄色	シコタンキンボウゲ	97	花から							シコタンキンボウゲ								
		98	昆虫から															
		97								トウゲブキ								
		98																
	セイヨウタンポポ	97		→						セイヨウタンポポ								
		98																
	コウゾリナ	97								コウゾリナ								
		98																
		97								キリンソウ								
	98																	
	97								エゾノキリンソウ									
	98																	
	97								ハマオミナエシ									
	98																	
白色	ヤマブキショウマ	97						↑		ヤマブキショウマ								
	98	雄株																
	ヤマブキショウマ	97	花から							ヤマブキショウマ								
	98	雌株	花から															
	エゾボウフウ	97	昆虫から							エゾボウフウ								
		98	花から															
	エゾノシシウド	97								エゾノシシウド								
		98																
	オオハナウド	97		↑						オオハナウド								
		98		↑														
		97		↑						マルバトウキ								
		98		↑														
	オオカサモチ	97							↑	オオカサモチ								
	98	♂																
	エゾノヨロイグサ	97							↑	エゾノヨロイグサ								
	98	♂																
		97								エゾカワラマツバ								
		98																
		97	花から							ノコギリソウ								
		98	昆虫から															
		97								ヒメジョオン								
		98																
	ナガボノシロワレ	97								ナガボノシロワレ								
	98	モコウ																
シロツメクサ	97		↑						シロツメクサ									
98			↑															
赤色		97							カラフトイバラ									
		98																
	ハマフウロ	97							ハマフウロ									
		98																
	チシマアザミ	97							チシマアザミ									
		98																
		97							シオガマギク									
		98																
	クマバナ	97	花から						クマバナ									
	98	昆虫から																
	アカツメクサ	97							アカツメクサ									
98																		
紫色		97							ヒオウギアヤメ									
		98																
	ミンガワソウ	97																
		98																
	ウツボグサ	97							ウツボグサ									
	98																	
クサフジ	97							クサフジ										
98																		
ナンテンハギ	97							ナンテンハギ										
98																		
ツリガネニンジン	97							ツリガネニンジン										
98																		
黄緑色	バイケイソウ	97	花から					↑										
	98	昆虫から																

p値	0.05	0.01	0.001
	↑	⇕	↓
花から	↑	⇕	↓
昆虫から	↓	⇕	↑

図11 開花植物と訪花昆虫との結びつきの年間の比較。植物は花の色のグループ別に並んでいる。①は97年にのみ調査路上で観察された植物を示す。

<調査地A>

花の色	植物	訪花昆虫			マルハナバチ			小型ハナバチ			その他のハチ			双翅目			鱗翅目			鞘翅目			半翅目			その他		
		前	中	後	前	中	後	前	中	後	前	中	後	前	中	後	前	中	後	前	中	後	前	中	後			
黄色	キジムシロ																											
	セイヨウタンポポ																											
白色	コンロンソウ																											
	エゾボウフウ																											
	エゾノシシウド																											
	シロツメ																											
	ヤマブキショウマ雌株																											
	オオハナウド																											
	ナガボノシロワレモコウ																											
	ヤマハハコ																											
	ゲンノショウコ																											
	ミツバフウロ																											
	カラフトニンジン																											
	エゾゴマナ																											
	赤色	アカツメ																										
ハマフウロ																												
チシマアザミ																												
紫色	ミソガワソウ																											
	クサフジ																											
	ツリガネニンジン																											

p値	0.05	0.01	0.001
花から	→	⇄	→
昆虫から	←	⇄	←

図12 開花植物と訪花昆虫との結びつきの季節変化。植物は花の色のグループ別に並んでいる。

<調査地B>

花の色	植物	訪花昆虫			マルハナバチ			小型ハナバチ			その他のハチ			双翅目		鱗翅目		鞘翅目		半翅目		その他							
		前	中	後	前	中	後	前	中	後	前	中	後	前	中	後	前	中	後	前	中	後	前	中	後				
黄色	キジムシロ																												
		花から																											
		昆虫から																											
		セイヨウタンポポ																											
		エゾタンポポ																											
		シコタンキンポウゲ																											
		ヤマガラシ																											
		センダイハギ																											
		コウゾリナ																											
		トウゲブキ																											
		アキノキリンソウ																											
			花から																										
			昆虫から																										
	ハマオミナエシ																												
	ヒロハノカワラサイコ																												
白色	エゾボウフウ																												
	エゾノシシウド																												
	エゾクサイチゴ																												
	シロツメ																												
	ヤマブキショウマ雄株																												
	ヤマブキショウマ雌株																												
	オオハナウド																												
		花から																											
		昆虫から																											
		マルバトウキ																											
		エゾカワラマツバ																											
		ナガボノシロワレモコウ																											
		ノコギリソウ																											
		ヒメジョオン																											
		ヤマハハコ																											
		花から																											
		昆虫から																											
赤色	コハマギク																												
	アカツメ																												
	ハマフウロ																												
	チシマアザミ																												
	クマバナ																												
ナギナタコウジュ																													
紫色	ヒオウギアヤメ																												
	ウツボグサ																												
	クサフジ																												
	ツリガネニンジン																												
		花から																											
		昆虫から																											

p値	0.05	0.01	0.001
花から	→	⇔	→
昆虫から	←	⇔	←

(図12の続き)

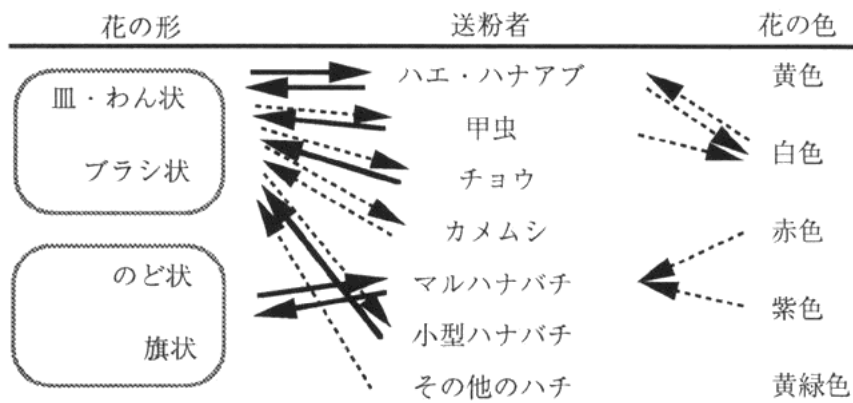


図13 本調査で認められたシンドロームの概要。実線は比較的強い結びつき、破線は比較的弱い結びつきを示す。