

近畿大学奈良キャンパスにおける訪花昆虫群集の多様性

横井 智之^{1) 2)}・波部 彰布¹⁾・香取 郁夫³⁾・桜谷 保之⁴⁾

1) 近畿大学農学部農学科昆虫学研究室

2) 現在、京都大学大学院農学研究科昆虫生態学研究室

3) 近畿大学農学部農業生産科学科昆虫生態制御学研究室

4) 近畿大学農学部環境管理学科環境生態学研究室

Biodiversity of insect pollinators in the Nara Campus of Kinki University

Tomoyuki YOKOI, Akinobu HABE,

Ikuo KANDORI and Yasuyuki SAKURATANI

Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Kinki University

3327-204, Naka-machi, NARA, 631-8505, Japan

Synopsis

An investigation of the pollination insect fauna was conducted at the Nara campus of Kinki University, located in the southwest part of Nara city. We surveyed the flowering phenology and the insect visitors of each flowering plant species from March to November in 2002. Eighty-three plant species and 157 insect species were observed. Invasive plants and non-native planted plants flowered mainly from March to June, while many native plant species flowered from June to November. The number of insect species visiting flowers was abundant in June and September. The main visitors were bees, hoverflies and wasps. The biodiversity index ($1/\lambda$) of pollinators was not significantly different among the 3 types of plants. Cluster analysis of the 33 spring flowering plants separated into four groups, while analysis of 29 summer flowering plants were separated into four groups and that of 20 autumn flowering plants separated into four groups. Most of the invasive plant species were visited by bee, while native plant species were visited mainly by flies, butterflies and beetles. The number of native bees visited the plants was inversely related to the proportion of honeybees *Apis mellifera* among the total number of bees that visited the plants, suggesting that a division of floral resources by visiting the different plants would occur between native bees and invasive bees. Many insect species visited flowering plant species in the Satoyama, regardless of whether the plants were native plants. We thus suggest that the pollinator visitation to invasive plants and non-native planted plants does not seriously influence visitation to native plants.

Key words

Biodiversity, Flowering phenology, Insect community, Pollination, Satoyama

はじめに

現在、多くの被子植物が動物による花粉媒介に一部もしくは完全に依存しており¹⁾、主要な送粉者とされるのは膜翅目、双翅目、鱗翅目、鞘翅目の昆虫種と他目に属する数種の昆虫種と鳥やコウモリなどの脊椎動物である²⁾。開花植物－送粉者

間の相互作用を知ることは、その地域の生態系を解明する手がかりの一つとして重要である。訪花昆虫の群集構成は開花植物の種数や個体数、季節、周辺環境によって異なり、これまでも日本では温帯落葉樹林³⁻⁵⁾、都市周辺部⁶⁾、低湿地⁷⁾、海浜⁸⁻⁹⁾や南西諸島¹⁰⁾などにおいて訪花昆虫群集が調査され、それぞれの場所における植物と送

粉者間の共生系の特徴が明らかにされてきた。

今回、里山と人工的建造物が混在する環境下での送粉共生系の特徴を明らかにするために、近畿大学奈良キャンパスを対象に訪花昆虫群集の調査を行った。本キャンパスは丘陵地を造成した里山的環境で、植生も在来・外来植物に加え植栽植物が生育しており、在来植物のみで構成された環境とは異なった生態系が形成されつつあるため、生態学的にも興味深い¹¹⁾。これまで本キャンパスにおいては鳥類をはじめとする野生動物種¹²⁻¹⁴⁾や、チョウ類¹⁵⁻¹⁷⁾・ガ類¹⁸⁻¹⁹⁾・テントウムシ類²⁰⁾について報告がなされているが、訪花昆虫群集に関してはまとめられたデータは少ない。また植物種の開花フェノロジーに関しても報告が少ないのが現状である。花資源を大量に供給してくれる外来・植栽植物の存在は訪花昆虫の採餌活動において無視できないものである。特に多くの植物の送粉システムと密接なかかわりを持つハナバチ類は顕花植物の主要な送粉者であり、花蜜・花粉の採餌者でもある。そのため特定の植物種において花資源をめぐる、在来ハナバチ類と外来種であるセイヨウミツバチ *Apis mellifera* の資源獲得競争も予想される。この混在的環境が各植物群落における訪花昆虫の群集構造にどのような影響を及ぼしているか調査することは、訪花昆虫種の多様性維持や里山保全においても大きな意味をもつ。

本研究では植物種ごとの訪花昆虫群集の種構成と植物の開花フェノロジーについて調査を行った。

調査地および調査方法

I. 調査地

本研究は近畿大学奈良キャンパス (34°40' N, 135°43' E) と隣接する県立矢田山自然公園 (34°39' N, 135°44' E) において行った。本キャンパスは奈良市南西部に位置し、西を生駒市、南を大和郡山市と接する矢田丘陵地に造成された。キャンパスの敷地面積は約 110ha、南部は矢田山自然公園に、西部は生駒山地へと連なり、いずれも樹木密度の高い二次林で構成されている²¹⁾。キャンパスは造成以前から生息していた在来植物に加え、キャンパス造成の際に持ち込まれ植栽された植物が混在する環境である。造成以前の植物相については杉野ら²²⁾が報告している。校舎

の周囲を覆うようにコナラ *Quercus serrata*・アベマキ *Quercus variabilis* をはじめとする広葉樹木が見られ、さらに二次林にはスギ *Cryptomeria japonica*・ヒノキ *Chamaecyparis obtusa* といった植林が存在する²¹⁾。調査期間は2002年の3月から11月までとし、雨天を除く曇りもしくは晴れた日を選んで行った。

II. 方法

上記の調査地において、以下の二段階にわけて野外調査を行ったのち、記録したデータは統計的解析を行った。

II-1. 野外調査

a. ルートセンサス法

キャンパス内であらかじめコースを定め、このコース沿いに1~2人で歩き、開花植物の種名と生息場所を地図に記録した。それぞれの植物に訪花していた昆虫の種類を記録した。1植物での観察時間は5分間とした。

b. 個別調査

個別調査の対象となった植物は、キャンパス内でルートセンサス中に開花を確認した植物のうち、昆虫の訪花が確認された植物を対象とした。また調査を行った全植物を在来種・外来種・植栽種(在来・外来種を含む)の3つのクラスに分けた。在来種・外来種の区分については「新日本植物圖鑑」²³⁾、「日本帰化植物写真図鑑」²⁴⁾によった。対象となった各植物について、花が密集して開花している場所をランダムに選択し、一定の花数または花序数を持つ区画を事前に設定した。同一区画内で訪花を確認した昆虫の種類・訪花個体数・1個体あたりの連続訪花回数を記録した。1回の観察時間を10分間に設定し、10分×3回を1セットとして午前午後それぞれ1セットを行い、これを1調査とした。また、調査を行う際に、対象となる植物付近で観察時間中の最高・最低気温を記録した。

各植物での観察対象期間は、植物株上の花が開花し、枯れて、訪花する昆虫が確認されなくなるまでとした。調査は午前が10時30分~12時30分、午後が13時00分~14時30分の間に行った。調査の都合・天候により、その日の午前午後のどちらかしか行えなかった場合は、次の日に調査を行い、2日で1回の記録とした。訪花昆虫の

同定は目視で行い、目視では同定困難なものについては捕虫網を用いて採集し、調査後に標本にして同定した。これらは可能な限り種レベルまで同定し、種名が同定できなかった種は高次の分類群(科、もしくは属)までとした。

II-2. 統計的解析

調査を行った各植物での訪花昆虫群集の種組成の解析を行うために、加藤⁷⁾を参考にして9つの訪花昆虫グループにまとめた。

それぞれのグループは以下のような科を含む。

- 1) 甲虫目：コガネムシ科、ジョウカイボン科、キスイモドキ科、タマムシ科、オオハナノミ科、カツオブシムシ科、コメツキムシ科、テントウムシ科、カミキリモドキ科
- 2) 半翅目：ナガカメムシ科、マルカメムシ科
- 3) ハナアブ類：ハナアブ科
- 4) ハエ類：クロバエ科、ヤドリバエ科、ハナバエ科
- 5) そのほかの双翅目：オドリバエ科、ミズアブ科、メバエ科、コガシラアブ科、ツリアブ科、ミバエ科
- 6) ハナバチ類：ヒメハナバチ科、ハキリバチ科、ムカシハナバチ科、コハナバチ科、ミツバチ科
- 7) カリバチ類：スズメバチ科、ドロバチ科、ベッコウバチ科、ギングチバチ科、ツチバチ科、アナバチ科、コツチバチ科
- 8) そのほかの膜翅目：セイボウ科、アリ科、コマユバチ科、シリアゲコバチ科、ハバチ科、ミフシハバチ科
- 9) 鱗翅目：シジミチョウ科、セセリチョウ科、アゲハチョウ科、シロチョウ科、タテハチョウ科、ジャノメチョウ科、スズメガ科

各植物での訪花昆虫種の多様度を多様度指数 λ ²⁵⁾を用いて評価した。 λ の値の算出には各グループでの訪花昆虫の総訪花回数(訪花個体数50回換算値×訪花回数)を合計した値を変数として用いた。一般的に調査頻度に比例して目撃個体数は増加し、目撃種数は調査頻度の対数に比例して増加する²⁶⁾。本調査でも各植物種間で調査

回数に差が出たため(6~120回)、50回観察した場合の訪花個体数の値に換算した。 λ の値が大きいほど多様度は小さくなるが、本論文では多様性の尺度として $1/\lambda$ を用いる。そのため $1/\lambda$ の指数が大きいほど、多様度は大きくなる。各植物における全訪花昆虫グループをS、全グループの総訪花回数をN、各グループ*i*の総訪花回数を n_i として次式のように定義した。

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{N(N-1)}{\sum_{i=1}^S n_i(n_i-1)}$$

この値のとりうる範囲は、 $1 \leq \frac{1}{\lambda} \leq \frac{N-1}{n-1}$ となる。

値を算出する段階で、観察を行ったが昆虫の訪花を確認できなかった植物種は除外した。

さらに各季節における植物種間の訪花昆虫群集の共通性を計るために、重複度C Π ²⁷⁾を求め、その値を変数としてクラスター分析を行った。C Π は各植物での全訪花昆虫グループの総訪花回数(訪花個体数50回換算値×訪花回数)Nと各グループでの総訪花回数*n*を用いて次式のように定義した。

$$C\Pi = \frac{2 \sum_{i=1}^S n_{1i} \cdot n_{2i}}{(\sum \Pi_1^2 + \sum \Pi_2^2) \cdot N_1 \cdot N_2}$$

$$\sum \Pi_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^S n_{1i}^2}{N_1^2} \quad \sum \Pi_2^2 = \frac{\sum_{i=1}^S n_{2i}^2}{N_2^2}$$

この値のとりうる範囲は $0 \leq C\Pi \leq 1$ であり、2つの植物種間で訪花昆虫グループの種類組成が同一の場合C Π は1となり、2つの植物種間で共通のグループが見られない場合C Π は0となる。また、調査を行った植物種を春(3月~5月)、夏(6月~8月)、秋(9月~11月)の3つの季節に区分した。クラスター分析では植物種間のC Π 数列を距離の変数として用い、クラスター間の距離の決定には群間平均法を用いた。

また同一植物上における、在来ハナバチ類の訪花に対するセイヨウミツバチによる訪花の影響を調べるために、ハナバチ類に占めるセイヨウミツバチの総訪花個体数の割合を植物間で比較した。

さらに、各植物でのセイヨウミツバチの総訪花個体数と在来ハナバチ類の割合との関係について回帰分析を行った。

結果

1) 平均気温

2002年の調査地における平均最高気温は27.03℃で平均最低気温は24.52℃であった(図1)。

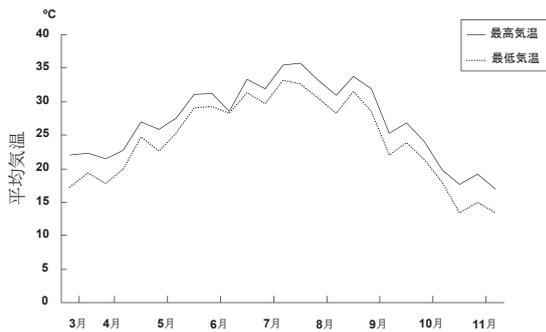


図1. 近畿大学奈良キャンパスおよび矢田山自然公園における2002年の調査時の年間温度変化

2) 開花植物種

今回の調査で対象とした植物は25目32科83種であった。外来植物は15種、在来植物は45種、植栽植物23種(外来8種、在来11種、不明4種)であった(表1)。種の学名は「新日本植物図鑑」²³⁾、「日本帰化植物写真図鑑」²⁴⁾によった。このうち昆虫の訪花が確認できた28科76種に関して解析をおこなった。科別に見ると、キク科(17種)、マメ科(10種)、バラ科(8種)、ツツジ科(7種)の順に植物の種数が多かった。調査地では3～6月にかけて植栽種と外来種が多く開花し、7～11月にかけては在来種が多くなる傾向がみられた(図2)。

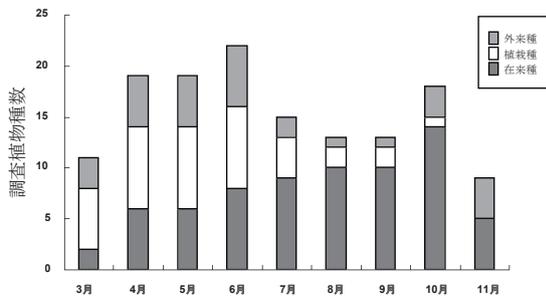


図2. 調査対象とした植物の月別種数

3) 訪花昆虫群集

今回の調査で訪花が確認された昆虫は、5目47科157種であった。この内訳は鱗翅目7科、鞘翅目10科(1種不明)、半翅目2科、双翅目10科、膜翅目18科であった(表2)。種の学名は「日本産昆虫総目録」²⁸⁻²⁹⁾によった。各グループの訪花昆虫種数の季節変化を図3aに示した。ハナバチ類は全季節を通じて10種前後が確認された。カリバチ類は6～8月にかけて15～27種と最も多くなった。ハナアブ類は4月中旬から確認され、8月に種数が0になったが、10月は増加傾向を示した。甲虫目は4月と6月に種数のピークがあった後、減少した。鱗翅目は多少の変動はあったが、10種前後が調査期間全般に確認された。訪花個体数をみると、ハナバチ類が最も多く、4～5月にかけて一気に増加し、その後8月から減少傾向にあった(図3b)。カリバチ類は7～9月にかけて、ハナアブ類は9～10月にかけてそれぞれ訪花個体数のピークがみられた。

訪花昆虫種の中で最も訪花個体数の多かったハナバチ類について、科ごとの訪花個体数を月別に示した(図4)。季節を通じて最も多かったのはミツバチ科で、ヒメハナバチ科は4～6月に、ハキリバチ科は8～9月、コハナバチ科は8月に、ムカシハナバチ科は9～11月に訪花個体数が増加した。

4) 多様度指数

各植物における訪花昆虫群集の多様度指数 $1/\lambda$ を計算した結果、1.00～3.75の値をとった(表1)。このうち在来植物が平均 1.82 ± 0.64 、外来植物が 1.79 ± 0.67 、植栽植物が 1.73 ± 0.74 となった。しかし3つの植物群間での多様度指数 $1/\lambda$ の値に有意な差はみられなかった(図5. Kruskal-Wallis test, $p = 0.7012$)。

5) クラスタ分析

植物間の重複度C IIを用いてクラスタ分析を行い、結果を季節ごとに示した。

a. 春植物

春に訪花を確認した33種の植物について解析した結果、4つのクラスターに分けられた(図6)。C1の植物種は主にハナバチ類によって訪花されていた。C2はツマグロキンバエ *Stomorhina obsoleta* などのハエ類やコアオハナムグリ *Oxycetonia jucunda* などの甲虫目とハナバチ類、

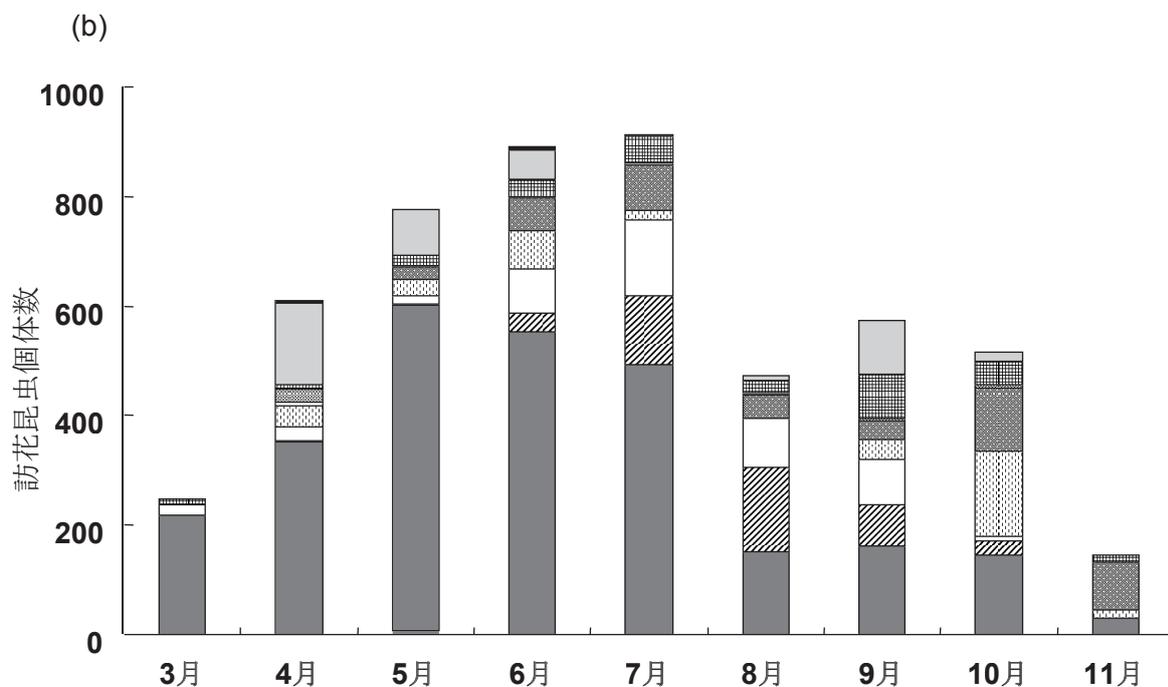
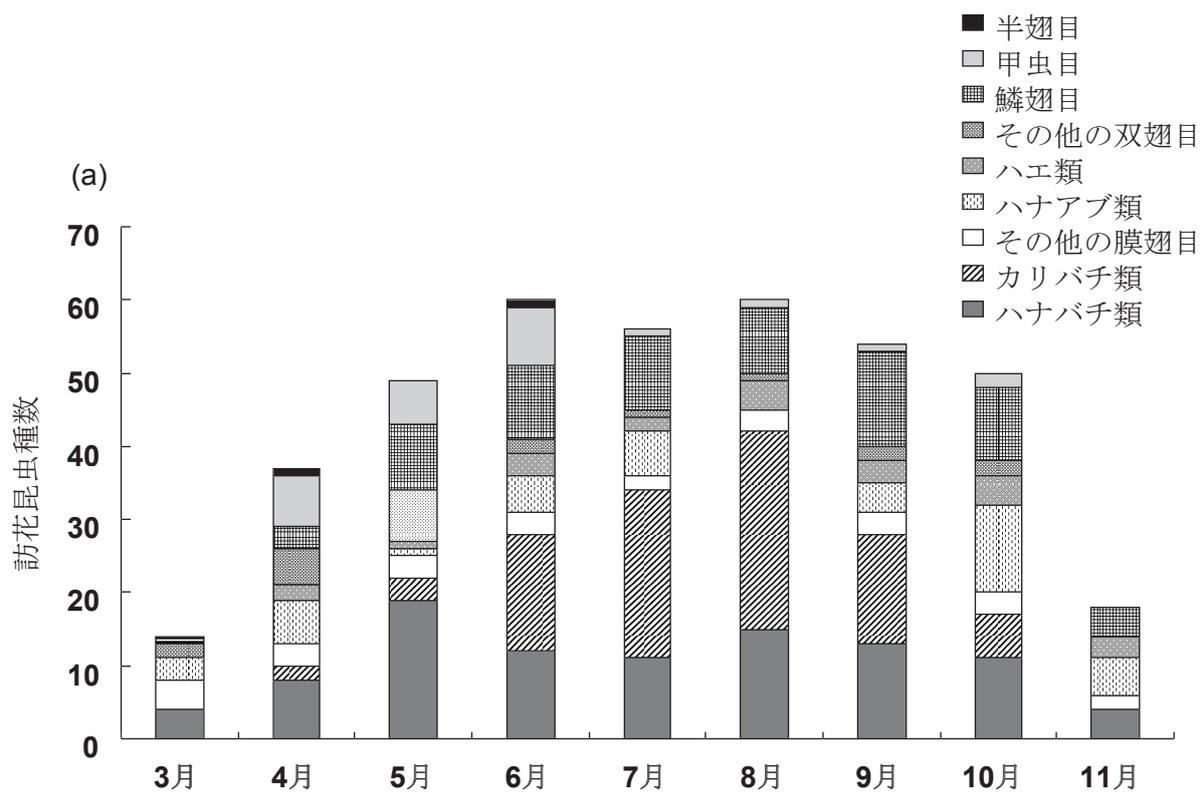


図3. 訪花昆虫種数(a)および訪花個体数(b)の2002年におけるグループ別季節変化.

表 1. 近畿大学奈良キャンパスおよび矢田丘陵公園で調査を行った訪花植物種リスト

多様度指数 $1/\lambda$ は各植物に訪花した昆虫群集の総訪花回数を元に算出した。

目	科	種名	学名	区分	観察回数	$1/\lambda$
アカネ目 Rubiales						
アカネ科 Rubiaceae						
		ヘクソカズラ	<i>Paederia scandens</i>	在来	18	1.000
キク目 Asterales						
キク科 Compositae						
		アキノノゲシ	<i>Lactuca indica</i>	在来	30	2.148
		コセンダングサ	<i>Bidens pilosa</i>	外来	30	2.404
		オオキンケイギク	<i>Coreopsis lanceolata</i>	植栽 (外来)	6	1.156
		オオジシバリ	<i>Ixeris debilis</i>	在来	12	1.340
		カンサイタンポポ	<i>Taraxacum japonicum.</i>	在来	30	2.290
		コウヤボウキ	<i>Pertya scandens</i>	在来	30	3.127
		コメナモミ	<i>Siegesbeckia glabrescens</i>	在来	12	-
		セイタカアワダチソウ	<i>Solidago altissima</i>	外来	60	2.359
		セイヨウタンポポ	<i>Taraxacum officinale</i>	外来	45	1.736
		ノアザミ	<i>Cirsium japonicum</i>	在来	12	1.055
		ハルジオオン	<i>Erigeron phil</i>	外来	18	2.492
		ヒメジオオン	<i>Erigeron annuus</i>	外来	30	1.705
		ヒヨドリバナ	<i>Eupatorium chinense var.oppositifolium</i>	在来	48	2.935
		フランスギク	<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	植栽 (外来)	18	3.402
		ヤクシソウ	<i>Paraixeris denticulata</i>	在来	24	1.044
		ヨメナ	<i>Kalimeris yomena</i>	在来	12	2.368
		リュウノウギク	<i>Dendranthema japonicum</i>	在来	24	2.028
キンポウゲ目 Ranunculales						
キンポウゲ科 Ranunculaceae						
		センニンソウ	<i>Clematis apiifolia</i>	在来	24	2.056
		ボタン	<i>Paeonia suffruticosa</i>	植栽	18	1.825
クスノキ目 Laurales						
クスノキ科 Lauraceae						
		クスノキ	<i>Cinnamonum camphora</i>	在来	6	2.346
クロウメモドキ目 Rhamnales						
ブドウ科 Vitaceae						
		ノブドウ	<i>Ampelopsos glandulosa var.heterophylla</i>	在来	72	1.671
		ヤブガラシ	<i>Cayratia japonica</i>	在来	48	1.368
ゴマノハグサ目 Scrophulariales						
モクセイ科 Oleaceae						
		アオダモ	<i>Fraxinus lanuginosa</i>	在来	6	1.000
		イボタノキ	<i>Ligustrum obtusifolium</i>	植栽 (在来)	12	3.751
ゴマノハグサ科 Scrophulariaceae						
		オオイヌノフグリ	<i>Veronica persica</i>	外来	12	-
シソ目 Laminales						
クマツヅラ科 Verbenaceae						
		クサギ	<i>Clerodendron trichotomum</i>	在来	24	1.931
		ムラサキシキブ	<i>Callicarpa japonica</i>	在来	18	1.370
シソ科 Labiatae						
		メグサハッカ	<i>Mentha pulegium</i>	外来	48	3.235
セリ目 Apiales						
ウコギ科 Araliaceae						
		タラ	<i>Aralia elata</i>	在来	6	1.671
セリ科 Umbelliferae						
		ヤブジラミ	<i>Torilis japonica</i>	外来	24	1.570
タデ目 Polygonales						
タデ科 Polygonaceae						
		イタドリ	<i>Reynoutria japonica</i>	在来	42	2.753
		イスタデ	<i>Persicaria longiseta</i>	在来	12	2.211
		ママコノシリヌグイ	<i>Persicaria senticosa</i>	在来	6	2.389
		ミゾソバ	<i>Persicaria thunbergii</i>	在来	30	1.516

目 科	種名	学名	区分	観察回数	1/λ
ツツジ目 Ericales					
イチャクソウ科 Pyrolaceae					
	アキノギンリョウソウ	<i>Monotropa uniflora</i>	在来	6	-
ツツジ科 Ericaceae					
	キリシマツツジ	<i>Rhododendron obtusum</i>	植栽 (在来)	6	1.796
	コバノミツバツツジ	<i>Rhododendron reticulatum</i>	植栽 (在来)	24	1.851
	サツキツツジ	<i>Rhododendron indicum</i>	植栽 (在来)	12	1.916
	ドウダンツツジ	<i>Enkianthus perulatus</i>	植栽	12	1.285
	ネジキ	<i>Lyonia ovalifolia</i> var. <i>elliptica</i>	在来	18	1.000
	ヒラドツツジ	<i>Rhododendron obtusum</i>	植栽 (在来)	12	1.026
	モチツツジ	<i>Rhododendron macrosepalum</i>	植栽 (在来)	18	1.909
リョウブ科 Clethraceae					
	リョウブ	<i>Clethra barbinervis</i>	在来	12	1.114
ツバキ目 Theales					
オトギリソウ科 Guttiferae					
	キンシバイ	<i>Hypericum patulum</i>	植栽 (外来)	30	1.017
ツユクサ目 Commelinales					
ツユクサ科 Commelinaceae					
	ツユクサ	<i>Commelina communis</i>	在来	6	1.000
	ヤブミョウガ	<i>Pollia japonica</i>	在来	6	-
トウダイグサ目 Euphorbiales					
トウダイグサ科 Euphorbiaceae					
	アカメガシワ	<i>Mallotus japonicus</i>	在来	24	1.505
ナデシコ目 Caryophyllales					
ヤマゴボウ科 Phytolaccaceae					
	ヨウシュヤマゴボウ	<i>Phytolacca americana</i>	外来	18	2.360
ニシキギ目 Celastrales					
モチノキ科 Aquifoliaceae					
	クロガネモチ	<i>Ilex rotunda</i>	植栽 (在来)	12	1.414
バラ目 Rosales					
バラ科 Rosaceae					
	ウメ	<i>Prunus mune.</i>	植栽	39	2.064
	クサイチゴ	<i>Rubus hirsutus</i>	在来	12	2.075
	ソメイヨシノ	<i>Prunus × yedonesis</i>	植栽 (在来)	24	1.210
	ノイバラ	<i>Rosa multiflora</i>	在来	12	2.126
	ピラカンサス	<i>Pyracantha coccinea</i>	外来	6	1.116
	ベニハスモモ	<i>Prunus cerasifera</i> var. <i>atropurpurea</i>	植栽 (外来)	30	1.014
	モミジイチゴ	<i>Rubus palmatus</i> var. <i>coptophyllus</i>	在来	6	2.498
	ユキヤナギ	<i>Spiraea thunbergii</i>	植栽 (在来)	12	1.880
ユキノシタ科 Saxifragaceae					
	ウツギ	<i>Deutzia crenata</i>	在来	18	1.338
	ノリウツギ	<i>Hydrangea paniculata</i>	在来	24	1.578
フウチョウソウ目 Capparidales					
アブラナ科 Cruciferae					
	セイヨウカラシナ	<i>Brassica juncea</i>	外来	18	1.326
フウロソウ目 Geraniales					
フウロソウ科 Geraniaceae					
	ゲンノショウコ	<i>Geranium nepalense</i> subsp. <i>thunbergii</i>	在来	6	-
フトモモ目 Myrtales					
ミソハギ科 Lythraceae					
	サルスベリ	<i>Lagerstroemia indica</i>	植栽 (在来)	30	1.061
ブナ目 Fagales					
ブナ科 Fagaceae					
	クリ	<i>Castanea crenata</i>	在来	12	2.458
マツムシソウ目 Dipsacales					
スイカズラ科 Caprifoliaceae					
	アベリア	<i>Abelia × grandiflora</i>	植栽 (外来)	120	1.432
	ガマズミ	<i>Viburnum dilatatum</i>	在来	6	1.525
	スイカズラ	<i>Lonicera japonica</i>	在来	12	1.267
オミナエシ科 Valerianaceae					
	オミナエシ	<i>Patrinia scabiosaefolia</i>	在来	96	2.009

目	科	種名	学名	区分	観察回数	1/λ
マメ目 Fabales						
	マメ科 Papilionaceae					
		アカツメクサ	<i>Trifolium pratense</i>	外来	18	1.199
		アレチヌスビトハギ	<i>Desmodium paniculatum</i>	外来	30	1.101
		イタチハギ	<i>Amorpha fruticosa</i>	外来	6	1.060
		クズ	<i>Pueraria lobata</i>	在来	18	1.563
		シロツメクサ	<i>Trifolium repens</i>	外来	78	1.496
		ナヨクサフジ	<i>Vicia dasycarpa</i>	植栽 (外来)	18	1.025
		ネムノキ	<i>Alibizia julibrissin</i>	植栽 (在来)	18	2.120
		フジ	<i>Wisteria floribunda</i>	植栽	6	-
		メドハギ	<i>Lespedeza cuneata</i>	在来	6	2.007
		ヤマハギ	<i>Lespedeza bicolor</i>	在来	78	1.101
ミズキ目 Cornales						
	ミズキ科 Cornaceae					
		アメリカハナミズキ	<i>Cornus florida</i>	植栽 (外来)	18	2.277
		ミズキ	<i>Cornus controversa</i>	在来	6	2.780
ムクロジ目 Sapindales						
	ミカン科 Rutaceae					
		イヌザンショウ	<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	在来	30	3.210
		カラスザンショウ	<i>Zanthoxylum ailanthoides</i>	在来	18	1.010
リンドウ目 Gentianales						
	キョウチクトウ科 Apocynaceae					
		キョウチクトウ	<i>Nerium indicum</i>	植栽 (外来)	18	-

表2. 訪花を確認した昆虫種のリストおよび訪花個体数・訪花植物種数

目	科	種	学名	訪花個体数	訪花植物種数
鱗翅目 <i>LEPIDOPTERA</i>					
	シジミチョウ科 <i>Lcaenidae</i>				
		ベニシジミ	<i>Lycaena phlaeas daimio</i>	71	13
		ルリシジミ	<i>Celastrina argiolus ladonides</i>	7	5
		アカシジミ	<i>Japonica lutea lutea</i>	1	1
		ツバメシジミ	<i>Everes argiades hellotia</i>	5	2
		ウラナミシジミ	<i>Lampides boeticus</i>	5	2
		ヤマトシジミ	<i>Zizeeria maha argia</i>	1	1
		シジミチョウ sp.		3	1
	セセリチョウ科 <i>Hesperidae</i>				
		イチモンジセセリ	<i>Parnara guttata guttata</i>	52	8
	アゲハチョウ科 <i>Papilionidae</i>				
		キアゲハ	<i>Papilio machaon hippocrates</i>	9	4
		アオスジアゲハ	<i>Graphium sarpedon nipponum</i>	11	6
		クロアゲハ	<i>Papilio protenor demetrius</i>	1	1
		ナミアゲハ	<i>Papilio xuthus</i>	12	5
	シロチョウ科 <i>Pieridae</i>				
		モンシロチョウ	<i>Pieris rapae crucivora</i>	6	5
		スジグロシロチョウ	<i>Pieris melete melete</i>	2	1
		キチョウ	<i>Eurema hecabe</i>	35	9
		モンキチョウ	<i>Colias erate poliographus</i>	3	3
	タテハチョウ科 <i>Nymphalidae</i>				
		ヒメアカタテハ	<i>Cynthia cardui</i>	2	2
		キタテハ	<i>Polygonia c-aureum c-aureum</i>	2	2
		ツマグロヒョウモン	<i>Argyreus hyperbius hyperbius</i>	1	1
		ホシミスジ	<i>Neptis pryeri pryeri</i>	9	2
	ジャノメチョウ科 <i>Satyridae</i>				
		ヒメウラナミジャノメ	<i>Ypthima argus</i>	6	4
	スズメガ科 <i>Sphingidae</i>				
		ホシホウジャク	<i>Macroglossum pyrrhosticta</i>	13	2
		ホシヒメホウジャク	<i>Aspledon himachala sangaica</i>	1	1
		オオスカシバ	<i>Cephonodes hyals</i>	3	2
鞘翅目 <i>COLEOPTERA</i>					
	コガネムシ科 <i>Scarabaeidae</i>				
		アオハナムグリ	<i>Eucetonia roelofsi</i>	41	4
		コアオハナムグリ	<i>Oxycetonia jucunda</i>	163	19
		ウスチャコガネ	<i>Phyllopertha diversa</i>	16	3
		シロテンハナムグリ	<i>Protaetia orientalis submarumorea</i>	3	2
		コガネムシ sp.		3	1
	ジョウカイボン科 <i>Cantharidae</i>				
		キンイロジョウカイ	<i>Themus episcopalis</i>	11	2
	キスイモドキ科 <i>Byturidae</i>				
		ズグロキスイモドキ	<i>Byturus atricollis</i>	9	1
	テントウムシ科 <i>Coccinellidae</i>				
		ナナホシテントウ	<i>Coccinella septempunctata</i>	1	1
	カツオブシムシ科 <i>Dermestidae</i>				
		ヒメマルカツオブシムシ	<i>Anthrenus verbasci</i>	42	4
	カミキリモドキ科 <i>Oedemeridae</i>				
		モモブトカミキリモドキ	<i>Oedemeronia lucidicollis</i>	88	4
	コメツキムシ科 <i>Elateridae</i>				
		コメツキムシ sp.		4	2
	オオハナノミ科 <i>Rhipiphoridae</i>				
		ムモンオオハナノミ	<i>Macrosiagon nasutum</i>	2	1
		ハナノミ sp.		1	1
	タマムシ科 <i>Buprestidae</i>				
		タマムシ sp.		9	1
	ハムシ科 <i>Chrysomelidae</i>				
		ハムシ sp.		7	2
	不明			4	1

目	科	種	学名	訪花個体数	訪花植物種数
半翅目 <i>HEMIPTERA</i>					
	ナガカメムシ科	Lygaeidae			
		ヒメナガカメムシ	<i>Nysius plebejus</i>	7	1
	マルカメムシ科	Plataspidae			
		マルカメムシ	<i>Megacopta punctatissima</i>	4	2
双翅目 <i>DIPTERA</i>					
	ハナアブ科	Syrphidae			
		アシプトハナアブ	<i>Helophilus virgatus</i>	7	6
		オオハナアブ	<i>Phytomia zonata</i>	32	9
		キゴシハナアブ	<i>Eristalinus quinquestriatus</i>	26	4
		キョウコシマハナアブ	<i>Eristalis kyokoae</i>	24	10
		クロヒラタアブ	<i>Betasyrphus serarius</i>	13	8
		シマアシプトハナアブ	<i>Mesembrius flaviceps</i>	2	2
		シマハナアブ	<i>Eristalis cerealis</i>	31	13
		ナガヒラタアブ	<i>Asarkina porcina</i>	4	2
		ナミホシヒラタアブ	<i>Metasyrphus ferquens</i>	9	5
		オオフタホシヒラタアブ	<i>Syrphus ribesii</i>	2	2
		ホソヒメヒラタアブ	<i>Sphaerophoria macrogaster</i>	56	20
		ホソヒラタアブ	<i>Episyrphus balteatus</i>	62	18
		ヒラタアブ sp.		63	18
	クロバエ科	Calliphoridae			
		ミドリキンバエ	<i>Lucilia illustris</i>	4	1
		ツマグロキンバエ	<i>Stomorphina obsoleta</i>	347	23
		キンバエ sp.		28	3
		クロバエ sp.		1	1
	オドリバエ科	Empididae			
		オドリバエ sp.		40	9
	ヤドリバエ科	Tachinidae			
		ヤドリバエ sp.		69	12
	ミズアブ科	Stratiomyidae			
		ミズアブ	<i>Stratiomys japonica</i>	1	1
	メバエ科	Conopidae			
		マダラメバエ	<i>Myopa buccata</i>	1	1
	コガシラアブ科	Cyrtidae			
		セダカコガシラアブ	<i>Oligoneura nigroaenea</i>	3	1
	ツリアブ科	Bombyliidae			
		クロバネツリアブ	<i>Ligyra tantalus</i>	6	2
		ニトベハラボソツリアブ	<i>Systropus nitobei</i>	6	3
		ピロウドツリアブ	<i>Bombylius major</i>	32	8
		スキバツリアブ	<i>Villa limbata</i>	1	1
	ハナバエ科	Anthomyiidae			
		ハナバエ sp.		1	1
	ミバエ科	Tephritidae			
		ミバエ sp.		1	1
膜翅目 <i>HYMENOPTERA</i>					
	ミフシハバチ科	Argidae			
		ルリチュウレンジ	<i>Arge similis</i>	1	1
	ハバチ科	Tenthredinidae			
		セグロカブラハバチ	<i>Athalia infumata</i>	2	1
	シリアゲコバチ科	Leucospidae			
		オキナワシリアゲコバチ	<i>Leucospis sinensis</i>	10	3
	コマユバチ科	Braconidae			
		コマユバチ sp.		2	1
	アリ科	Formicidae			
		クロヤマアリ	<i>Formica japonica</i>	400	21
		ムネアカオオアリ	<i>Camponotus obscuripes</i>	13	1
		クサアリ亜属		9	2
		トビイロシワアリ	<i>Tetramorium caespitum</i>	4	1

目 科	種	学名	訪花個体数	訪花植物種数
セイボウ科	Chrysididae			
	オオセイボウ	<i>Stilbum cyanurum pacificum</i>	17	7
コッチバチ科	Tiphiidae			
	コッチバチ sp.		1	1
スズメバチ科	Vespidae			
	キアシナガバチ	<i>Polistes jrothneyi iwatai</i>	2	2
	コアシナガバチ	<i>Polistes snelleni</i>	3	2
	コガタスズメバチ	<i>Vespa analis insularis</i>	16	4
	ヒメスズメバチ	<i>Vespa tropica pulchra</i>	10	4
	セグロアシナガバチ	<i>Polistes jadwigae jadwigae</i>	22	3
	フタモンアシナガバチ	<i>Polistes chinensis antennalis</i>	55	6
	ヤマトアシナガバチ	<i>Polistes japonicus japonicus</i>	16	5
	アシナガバチ sp.	<i>Polistes sp.</i>	2	2
ドロバチ科	Eumenidae			
	オオカバフスジドロバチ	<i>Orancistrocerus drewseni drewseni</i>	3	2
	オオフタオビドロバチ	<i>Anterhynchium flavomarginatum micado</i>	2	2
	カタグロチビドロバチ	<i>Stenodynerus chinensis simillimus</i>	24	6
	カバオビドロバチ	<i>Odynerus dantici</i>	2	2
	キアシトックリバチ	<i>Eumenes rubrofemoratus</i>	4	1
	キボシトックリバチ	<i>Eumenes fratercula</i>	9	1
	ミカドトックリバチ	<i>Eumenes micado</i>	8	4
	ミカドドロバチ	<i>Euodynerus nipanicus nipanicus</i>	2	2
	ムモントックリバチ	<i>Eumenes rubronotatus rubronotatus</i>	8	4
	スズバチ	<i>Oreumenes decoratus</i>	21	3
	トックリバチ sp.	<i>Eumenes sp.</i>	11	5
	ドロバチ sp.		2	2
ツチバチ科	Scoliidae			
	アカツチバチ	<i>Scolia sinensis</i>	1	1
	オオハラナガツチバチ	<i>Megacampsomeris grossa matsumurai</i>	71	1
	オオモンツチバチ	<i>Scolia histrionica japonica</i>	3	2
	キオビツチバチ	<i>Scolia oculata</i>	3	2
	キンケハラナガツチバチ	<i>Campsomeris prismatica</i>	1	1
	ハラナガツチバチ	<i>Campsomeris schulthessi</i>	1	1
	ヒメハラナガツチバチ	<i>Campsomeriella annulata annulata</i>	19	8
	ツチバチ sp.		2	1
ギングチバチ科	Crabronidae			
	ギングチバチ sp.		2	2
アナバチ科	Sphecidae			
	アメリカジガバチ	<i>Sceliphron caementarium</i>	2	1
	オオハヤバチ	<i>Tachytes sinensis sinensis</i>	14	3
	キアシハナダカバチモドキ	<i>Stizus pulcherrimus</i>	5	2
	クロアナバチ	<i>Sphex argentatus fumosus</i>	1	1
	コクロアナバチ	<i>Isodontia nigella</i>	13	4
	アナバチ sp.		8	1
	ニッポンハナダカバチ	<i>Bembix niponica</i>	18	1
	ヤマジガバチ	<i>Ammophila infesta</i>	30	6
	ヤマトスナハキバチ	<i>Bembecinus hungaricus japonicus</i>	1	1
ベッコウバチ科	Pompilidae			
	キオビベッコウ	<i>Batozonellus annulatus</i>	3	2
	オオモンクロベッコウ	<i>Anoplius samariensis</i>	1	1
	ベッコウバチ sp.		3	2
ムカシハナバチ科	Colletidae			
	アシプトムカシハナバチ	<i>Colletes patellatus</i>	6	1
	ムカシハナバチ sp.	<i>Colletes sp.</i>	97	9
ヒメハナバチ科	Andrenidae			
	ウツギヒメハナバチ	<i>Andrena prostomias</i>	99	1
	ヒメハナバチ sp.	<i>Andrena sp.</i>	152	17

目 科	種	学名	訪花個体数	訪花植物種数
コハナバチ科 Halictidae				
	アカガネコハナバチ	<i>Halictus aerarius</i>	26	5
	アオスジハナバチ	<i>Nomia punctulata</i>	28	2
	シロスジカタコハナバチ	<i>Lasioglossum occidens</i>	9	4
	コハナバチ sp.		4	3
ハキリバチ科 Megachilidae				
	ハラアカヤドリハキリバチ	<i>Euaspsis basalis</i>	1	1
	マイマイツツハナバチ	<i>Osmia orientalis</i>	1	1
	オオハキリバチ	<i>Megachile sculpturalis</i>	1	1
	ツルガハキリバチ	<i>Megachile tsurugensis</i>	16	5
	ヤマトハキリバチ	<i>Megachile japonica</i>	9	1
	ヒメハキリバチ	<i>Megachile spissula</i>	10	1
	ヒメツツハキリバチ	<i>Megachile subalbata</i>	18	3
	ヤノトガリハナバチ	<i>Coelioxys yanonis</i>	12	2
	キョウトキヌゲハキリバチ	<i>Megachile kyotensis</i>	2	1
	サカガミハキリバチ	<i>Megachile remota sakagamii</i>	1	1
	スミスハキリバチ	<i>Megachile humilis</i>	9	2
	スミゾメハキリバチ	<i>Megachile sumizome</i>	1	1
	ツツハナバチ	<i>Osmia taurus</i>	2	2
	バラハキリバチ	<i>Megachile nipponica nipponica</i>	13	6
	ハキリバチ sp.	<i>Megachile sp.</i>	38	5
ミツバチ科 Apidae				
	キマダラハナバチ sp.		22	2
	シロスジムカシハナバチヤドリ	<i>Doeringiella ventralis</i>	4	2
	ニッポンヒゲナガハナバチ	<i>Tetralonia nipponensis</i>	10	6
	ミツクリヒゲナガハナバチ	<i>Tetralonia mitsukurii</i>	12	1
	シロスジヒゲナガハナバチ	<i>Eucera spurcatipes</i>	11	2
	ルリモンハナバチ	<i>Thyreus decorus</i>	4	1
	ニホンミツバチ	<i>Apis cerana japonica</i>	117	18
	セイヨウミツバチ	<i>Apis mellifera</i>	1501	46
	コマルハナバチ	<i>Bombus ardens ardens</i>	1	1
	ヤマトツヤハナバチ	<i>Ceratina japonica</i>	10	4
	キオビツヤハナバチ	<i>Ceratina flavipes</i>	11	3
	ツヤハナバチ sp.	<i>Ceratina sp.</i>	247	31
	クマバチ	<i>Xylocopa appendiculata circumvolans</i>	177	21
	シロスジフトハナバチ	<i>Amegilla quadrifasciata</i>	1	1

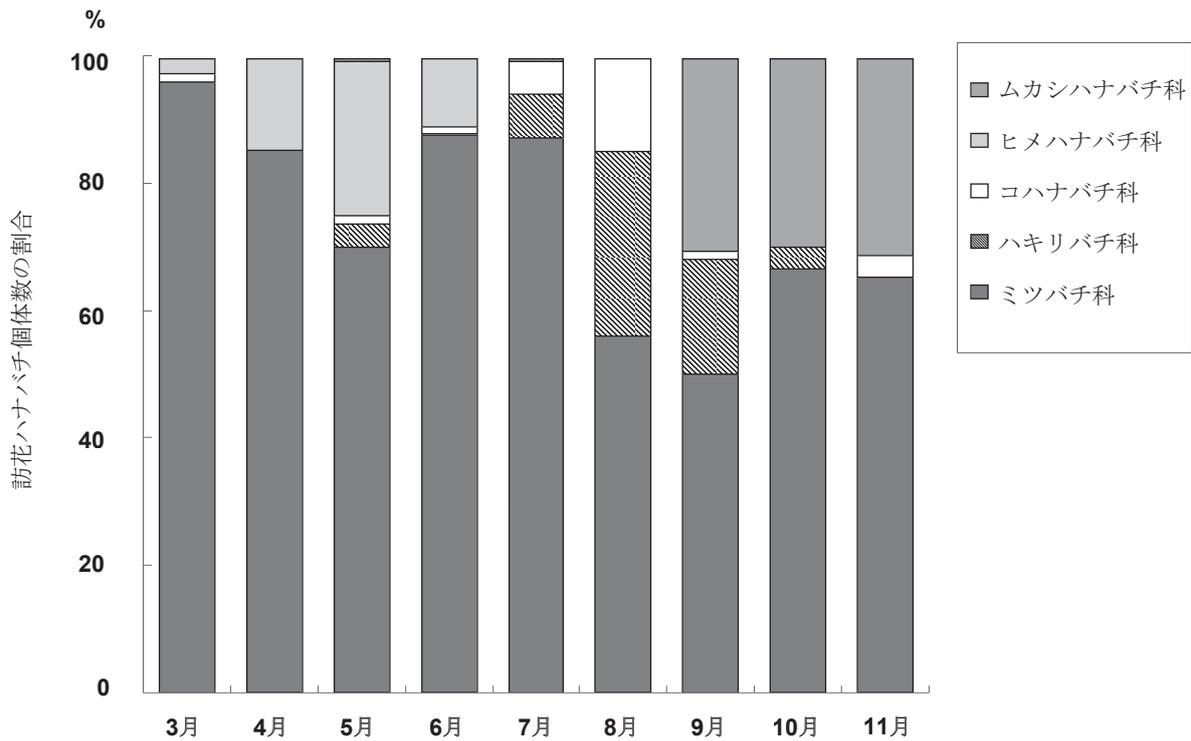


図4. 近畿大学奈良キャンパスおよび矢田山自然公園におけるハナバチ5科の訪花個体数割合の季節変化

C3は甲虫目、C4はビロウドツリアブ *Bombylius major* などの双翅目によって主に訪花されていた。C1に含まれる植物種の多くは外来植物もしくは植栽植物であった。一方、甲虫目もしくは双翅目によって訪花されたC2、C3、C4に含まれる植物種はほぼ在来植物であった。

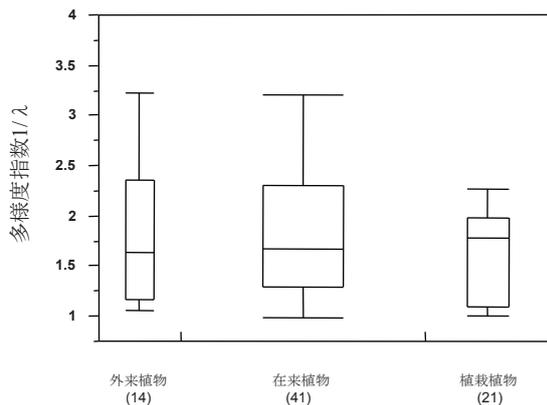


図5. 植物群間での訪花昆虫群集を用いた1/λの比較数字は植物種数を表す

b. 夏植物

夏に訪花を観察した29種の植物について解析した結果、4つのクラスターに分けられた(図7)。C1の植物種は主にハナバチ類によって訪花されていた。C2は甲虫目とそのほかの膜翅目、

C3は主にカリバチ類による訪花の割合が高かった。C4はハエ類とコアオハナムグリやヒメマルカツオブシムシ *Anthrenus verbasci* などの甲虫目による訪花が目立った。

c. 秋植物

秋に訪花を確認した20種の植物について解析した結果、4つのクラスターが形成された(図8)。C1に含まれる植物種は主にハナバチ類とスズバチ *Oreumenes decoratus* やオオハラナガツチバチ *Megacampsomeris grossa* などのカリバチ類によって訪花されていた。C2はホソヒラタアブ *Episyrphus balteatus* などのハナアブ類、C3はツマグロキンバエなどのハエ類による訪花が目立った。C4に含まれる植物種は主に甲虫目によって訪花されていた。コセンダングサ *Bidens pilosa* やセイタカアワダチソウ *Solidago altissima* といった外来植物種はいずれもC1に含まれ、双翅目や甲虫目による訪花が目立ったC2、C3、C4に含まれた植物種はいずれも在来植物であった。

6) 在来ハナバチ類の訪花に対するセイヨウミツバチの影響

44種の植物種について解析した結果、ハナバチ類に占めるセイヨウミツバチの訪花個体数の割

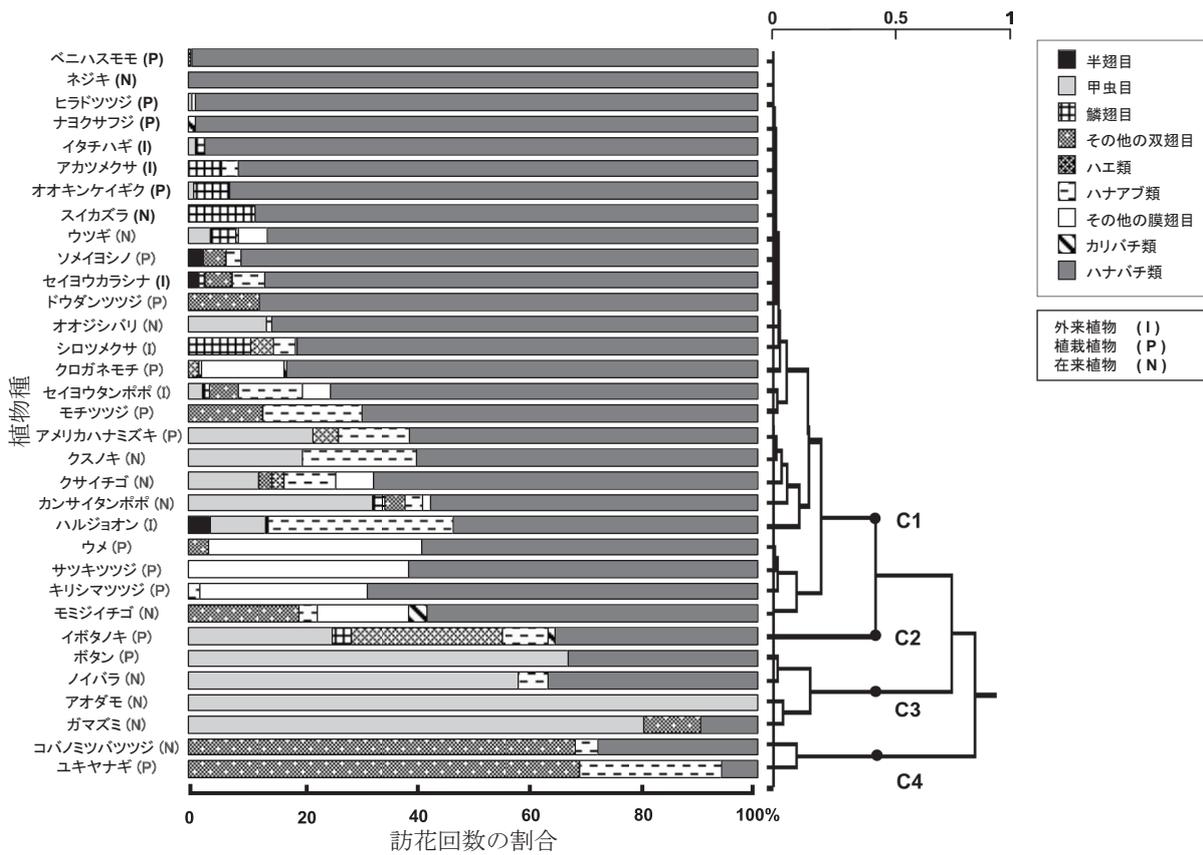


図6. 春植物種間での訪花昆虫群集のクラスター分析

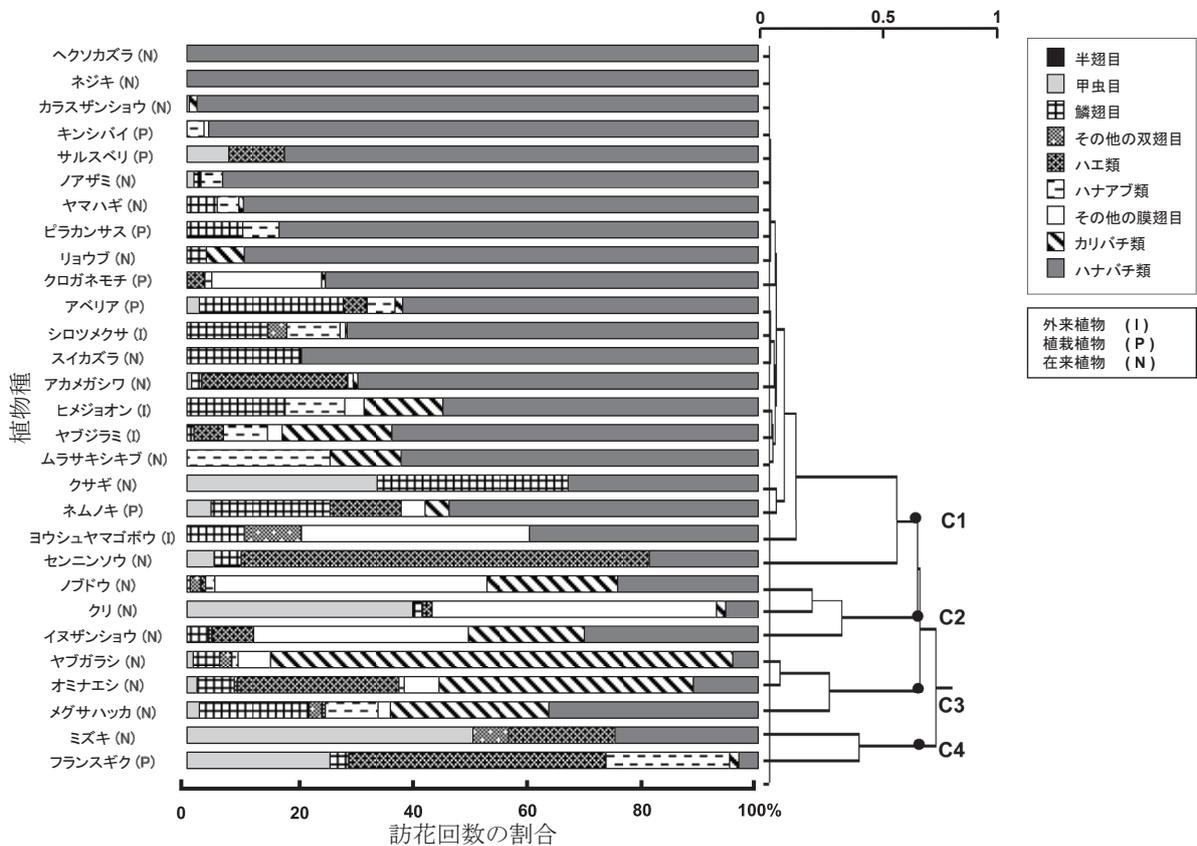


図7. 夏植物種間での訪花昆虫群集のクラスター分析

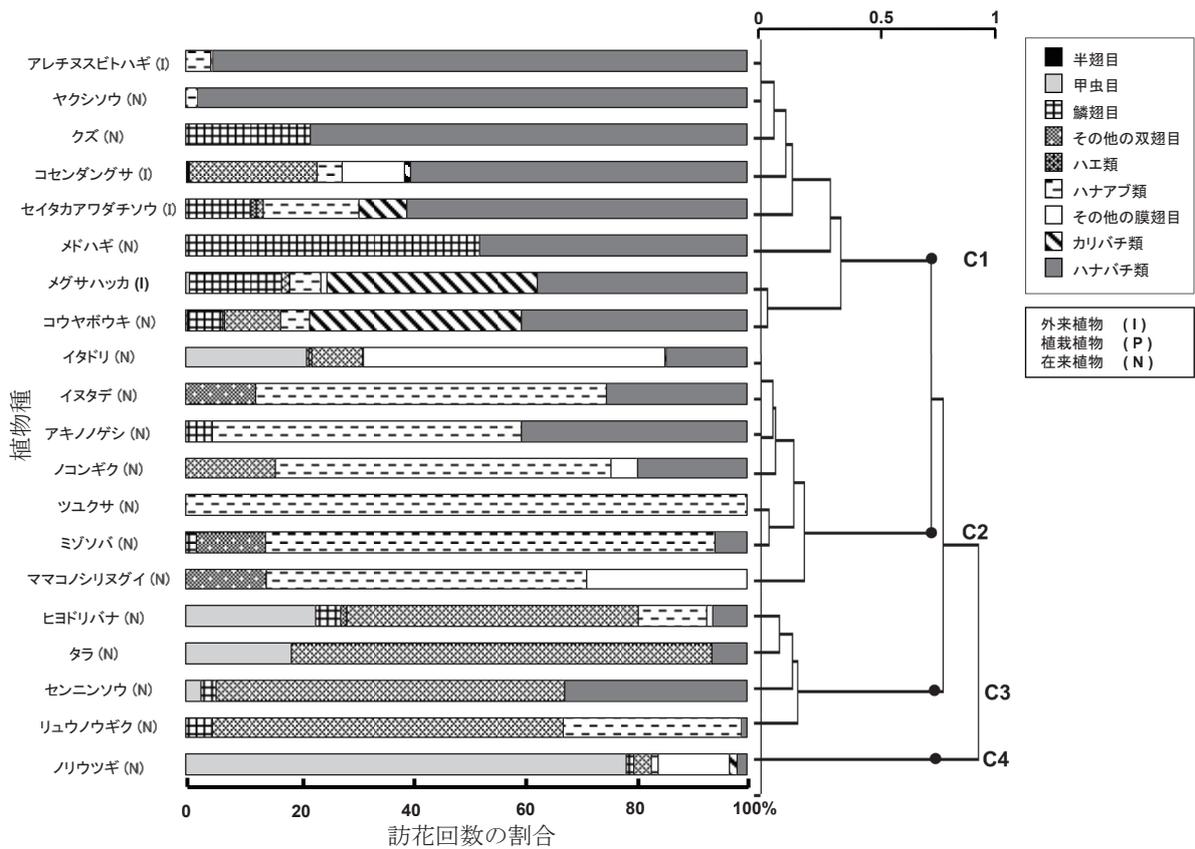
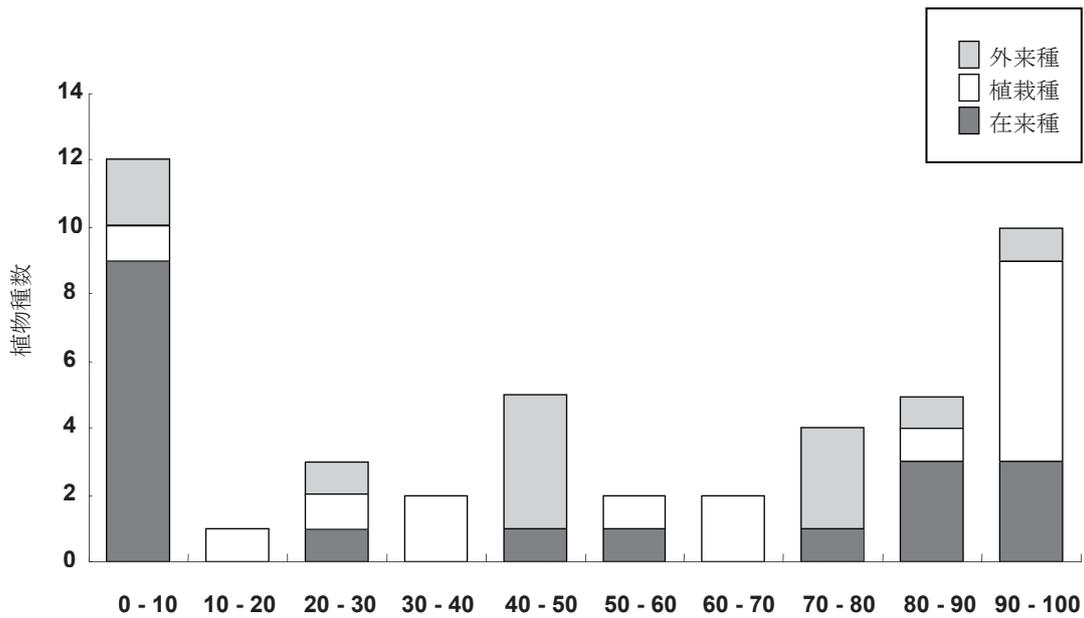


図8. 秋植物種間での訪花昆虫群集のクラスター分析



ハナバチ類の訪花個体数に占めるセイヨウミツバチの訪花した割合(%)

図9. ハナバチ類の訪花個体数に占めるセイヨウミツバチの割合と植物種数との関係
ハナバチ類の訪花の割合が全総訪花回数の50%以上を占め、その総訪花回数が20以上の植物種を対象にした。

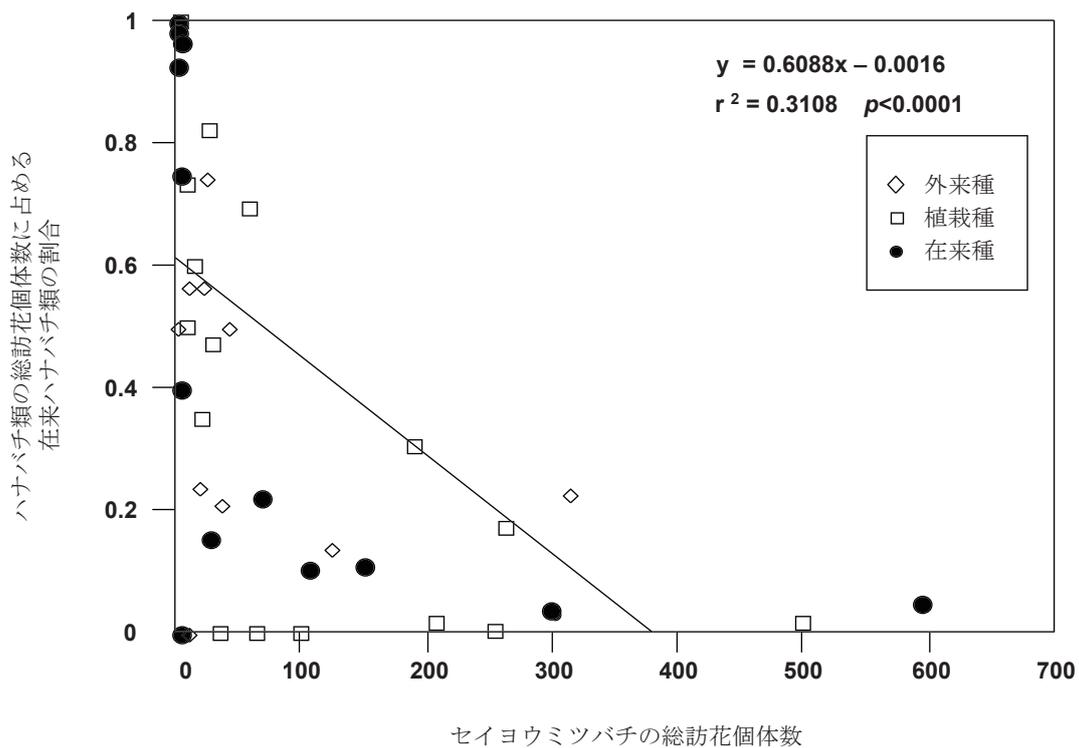


図10. ハナバチ類に占める在来ハナバチ類の割合とセイヨウミツバチの総訪花個体数の関係

合が0～10%と90～100%の範囲に含まれる植物種数が多かった(図9)。また、セイヨウミツバチの訪花個体数の割合が増加するにもなって、ハナバチ類に占める在来ハナバチ類の個体数の割合は有意に減少した(図10)。

考 察

多くの昆虫類は効率的に訪花・採餌を行うために植物種を問わず選択していた。外来種のセイヨウミツバチが在来植物へ、在来の昆虫類が外来植物に訪花する行動も頻繁に確認された。外来植物の多くは繁殖力に優れているため、同じ生息地に存在する植物種を競争により抑圧し³⁰⁾、広範囲に分布域を拡大してきた。そのためさまざまな環境下で優占種となり、多様な訪花昆虫種の花資源として利用されてきた。これまでも外来種であるセイトカアワダチソウ³¹⁾や、導入種で造園木のアベリア *Abelia × grandiflora*³²⁾で多くの昆虫種による訪花が確認されている。多様性指数 $1/\lambda$ に関しては在来・植栽・外来植物間では差が見られなかった。そのため外来植物と在来植物が混在している本キャンパスにおいて、多くの訪花昆虫種が外来植物に移行し、在来植物への訪花

頻度が減少する可能性は小さいと考えられる。ただし在来植物の結実率に対して負の影響を及ぼしていることも考えられるため(香取 未発表)、さらなる調査が必要である。

どの季節においても膜翅目が主要な訪花昆虫となっている植物が多く、訪花個体数、訪花種数ともに他の昆虫類を上回っていた。ただし、カリバチ類は種数に対して訪花個体数は少なく、逆にハナバチ類は種数は少ないものの訪花個体数は多かった。これはセイヨウミツバチ、ニホンミツバチ *Apis cerana*、クマバチ *Xylocopa appendiculata* を含むミツバチ科の訪花個体数が影響していると考えられる。特にセイヨウミツバチの個体数はハナバチ類において優占していた。これは本キャンパスの1kmほど南側に位置する梅林において30以上の巣箱が設置されているためと思われる。セイヨウミツバチと在来ハナバチ類間の種間競争についてはこれまでも研究がなされてきているが、在来ハナバチ種の訪花行動に影響があるかは明らかではない³³⁻³⁴⁾。ハナバチ類の訪花個体数に占めるセイヨウミツバチの割合が高くなるほど在来ハナバチ類の総訪花回数は減少した。また、ハナバチ類が主に訪花している植物種はセイヨウミツバチの割合が0%か100%のど

ちらかである場合が多かった。このことからセイヨウミツバチが優占する植物種と、在来ハナバチ類が優占する植物との二極化が生じていると考えられる。セイヨウミツバチも在来ハナバチ類も訪花植物として在来植物と外来植物間の選択はみられなかった。在来ハナバチ類も積極的に外来植物に訪花して採餌を行っていたことから、柔軟に花資源に対応しているものと思われる。しかし、資源競争の結果として外来・植栽植物を選択したのか、以前からこれらの植物種を積極的に利用しているのかは不明である。

クラスター分析を行った結果、春植物と夏植物においては、主にハナバチ類によって訪花される植物が大半を占め、秋植物では主にハナアブ類によって訪花される植物が目立った。また、外来植物の大半は主にハナバチ類によって訪花されるクラスターに含まれる結果となった。これは外来の顕花植物の多くが一箇所に大量に開花しており、ハナバチ類にとって花資源の豊富な採餌場所として認識して訪花したため、観察された個体数が多かったものと思われる。さらに、クラスターを形成した際にどの季節でも優占種がハエ類や鱗翅目、甲虫目である植物種はほぼ在来種であったことは興味深い。鞘翅目・鱗翅目・双翅目の昆虫類も被子植物においてカギとなる送粉者であることから^{1) 35)}、在来植物種の送粉に寄与していると思われる。特に本キャンパスで開花している在来植物の多くでは、ハナアブ類やハエ類の訪花割合が高く、ハナバチ類と同様の送粉効率があると考えられる。

謝 辞

本研究を進めるにあたってご助言・ご指導を賜りました杉本 毅 近畿大学名誉教授に厚く御礼申し上げます。また研究・解析をするにあたり協力していただいた、近畿大学農学部昆虫生態制御学研究室ならびに環境生態学研究室の学生の皆様に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) Waser, N.M. (2006) Specialization and Generalization in Plant-Pollinator Interactions: A Historical Perspective, in: Waser N.M and J. Ollerton (Ed.) , Plant - Pollinator Interactions. The University of Chicago Press, pp171-190.
- 2) Proctor, M., P. Yeo and A. Lack. (1996) The natural history of pollination. Timber Press, Portland, Oregon. pp479.
- 3) Kato, M., T. Kakutani, T. Inoue and T. Itino (1990) Insect-flower relationship in the primary beech forest of Ashu, Kyoto: An overview of the flowering phenology and the seasonal pattern of insect visits. *Contribution from Biological Laboratory, Kyoto University*, 27: 309-375.
- 4) Inoue, T., M. Kato, T. Kakutani, T. Suka and T. Itino (1990) Insect-glower relationship in the temperate deciduous forest of Kibune, Kyoto: An overview of the flowering phenology and the seasonal pattern of insect visits. *Contribution from Biological Laboratory, Kyoto University*, 27: 377-463.
- 5) 角谷岳彦 (1994) 訪花昆虫群集に関する送粉生態学的研究 - 花蜜分泌様式と昆虫間競争からみた群集構成 - 学位論文 232pp.
- 6) Kakutani, T., T. Inoue, M. Kato and H. Ichihashi (1990) Insect-flower relationship at the campus of Kyoto University, Kyoto: An overview of the flowering phenology and the seasonal pattern of insect visits. *Contribution from Biological Laboratory, Kyoto University*, 27: 465-521.
- 7) 加藤真 (1998) 低湿地における送粉共生系. 日本生態学会誌, 48: 179-185.
- 8) 郷右近勝夫 (2006) 蒲生海岸の干潟と砂丘における訪花昆虫とそれらの季節消長. 中国昆虫, 20: 51-63.
- 9) 井上牧子・遠藤知二 (2006) 京都府箱石海岸における海浜植性昆虫群集の種構成. ヒューマンサイエンス, 9: 39-46.
- 10) Kato, M. (2000) Anthophilous insect community and plant-pollinator interactions on Amami Islands in the Ryukyu Archipelago, Japan. *Contribution from Biological Laboratory, Kyoto University*, 29: 157-252.
- 11) 桜谷保之 (1999) 近畿大学奈良キャンパス

- の生態系の概観. 近畿大学農学部紀要、32: 69-78.
- 12) 前田武志・桜谷保之 (2003) 近畿大学奈良キャンパスにおけるレッドリスト動物種の生息状況. 近畿大学農学部紀要、36: 1-12.
 - 13) 桜谷保之 (1996) 近畿大学奈良キャンパス内で見られる野鳥類. 近畿大学農学部紀要、29: 27-37.
 - 14) 桜谷保之 (2001) 近畿大学奈良キャンパスにおける野鳥類の食性. 近畿大学農学部紀要近畿大学農学部紀要、34: 151-164.
 - 15) 桜谷保之・西中康明・岩崎江利子 (1999) 近畿大学奈良キャンパスのチョウ類相. 近畿大学農学部紀要、32: 21-35.
 - 16) 西中康明・岩崎江利子・桜谷保之 (2005) 近畿大学奈良キャンパスにおける環境とチョウ類群集の多様性との関係. 環動昆、16(1): 23-30.
 - 17) 東條達哉・桜谷保之 (2006) 近畿大学奈良キャンパスにおけるチョウ類の生息状況. 近畿大学農学部紀要、39: 9-40.
 - 18) 城本啓子・桜谷保之 (2004) 近畿大学奈良キャンパスにおけるヤマムユガ科ガ類の生息状況. 近畿大学農学部紀要、37: 9-16.
 - 19) 城本啓子・福井秀弥・桜谷保之 (2007) 近畿大学奈良キャンパスにおけるガ類の生息状況 (1)スズメガ科、ヤガ科 (カトカラ属等). 近畿大学農学部紀要、40: 53-62.
 - 20) 桜谷保之・松本宣仁 (2002) 近畿大学奈良キャンパスにおけるテントウムシ相. 近畿大学農学部紀要、35: 1-11.
 - 21) 馬場生織・岩坪五郎 (2001) 近畿大学奈良キャンパスの現存植生に関する生態学的研究. 近畿大学農学部紀要、34: 113-149.
 - 22) 杉野 守・芦田 馨・尾垣光治 (1988) 近畿大学奈良キャンパス予定地の植物相調査. 近畿大学環境科学研究所報告、16: 301-310.
 - 23) 牧野富太郎 (1989) 牧野新日本植物圖鑑. 北隆館、1453pp.
 - 24) 清水矩宏・森田弘彦・廣田伸七 (2001) 日本帰化植物写真図鑑. 全国農村教育協会、554pp.
 - 25) Simpson, E. H. (1949) Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688.
 - 26) 日本環境動物昆虫学会編 (1998) チョウの調べ方. 文教出版、288pp
 - 27) Kimoto, S. (1967) Some quantitative analysis on the Chrysomelid fauna of the Ryukyu Archipelago. *Esakia*, 6: 27-54.
 - 28) 平嶋義宏監修、九州大学農学部昆虫学教室・日本野生生物研究センター共同編集 (1989) 日本産昆虫総目録. 九州大学農学部昆虫学教室、福岡、1767pp.
 - 29) 平嶋義宏監修、九州大学農学部昆虫学教室・日本野生生物研究センター共同編集 (1990) 日本産昆虫総目録 追加・訂正. 九州大学農学部昆虫学教室、福岡、37pp.
 - 30) 日本生態学会編 (2002) 外来種ハンドブック. 地人書館、390pp.
 - 31) 八木 剛・北元敏夫 (1991) セイタカアワダチソウの花を訪れる昆虫たち. *Nature Study*, 37(3): 2-33.
 - 32) 桜谷保之 (1998) アベリアをめぐる昆虫類. 昆虫と自然、33: 30-32.
 - 33) Roubik, D.W. (1980) Foraging behavior of competing Africanized honeybees and stingless bees. *Ecology*, 61: 836-845.
 - 34) Roubik, D.W. (1989) Ecology and Natural History of Tropical Bees. Cambridge University Press. 514pp.
 - 35) Kevan, P.G. and H.G. Baker (1983) Insects as flower visitors and pollinators. *Annual Review of Entomology*, 28: 407-453.