

北海道における夏期開花植物の訪花昆虫相

Floral visitors of 39 plants flowering during summer in Hokkaido.

渡辺 修・丹羽 真一・渡辺 展之*

Osamu WATANABE, Shin-ichi NIWA and Nobuyuki WATANABE

ABSTRACT—We investigated insect floral visitors on 39 plants flowering during summer in Hokkaido, with respect to floral morphologies. In each observation, insects were categorized as bumblebees, wasps, ants, other hymenoptera, diptera, lepidoptera and coleoptera. Furthermore, bumblebees were divided into two types, short-tongue species and long-tongue species. The former included *Bombus hypocrita sapporoensis* and *B. schrencki*, and the latter included *B. diversus diversus* and *B. yezoensis*. More than one floral visitor was observed on the flowers of 29 plant species, except 10 species. *Angelica ursina* and *Rudbeckia hirta* were visited more frequently than other species. Small bees, ants, and diptera favored upward dish-shaped flowers, such as *Erigeron annuus*, *Agrimonia japonica*, and *Torilis japonica*. Long-tongue bumblebees favored sidewise and large tube-shaped flowers, such as *Nepeta subsessilis*, *Impatiens noli-tangere*, and *Aconitum yezoense*. Short-tongue bumblebees and Lepidoptera favored small tube- and butterfly-shaped flowers, such as *Asteraceae* and *Leguminosae*. Small numbers of wasps and coleoptera were observed on flowers of *Polygonum sachalinense* and *Umbelliferae*. In summer, many plant species flowered and many insect species visited these flowers. Although these combinations looked apparently disorderly, relationship between flowers and insects is considerably orderly indeed. This reason is that accessibility to floral nectar and/or pollen for each insect is varied by morphologies of both flowers and insects themselves.

はじめに

花の形や色などの形態が、その花の花粉を運搬する昆虫の種類・行動と深い関わりを持っていることは古くから知られている(河野・井上1992)。花の形態のうち、色・深さ・花の向きなどについて特定の昆虫相との結びつきが確認されており(田中1997)、例えば口吻が3-5mmと短いハナアブ類が訪花する花には①上向きに咲く(止まりやすい)②穂状の集合花で色は黄色か白色(目立つ)③しべの長さは口吻とほぼ同じ(腹に花粉を付けやすい)といった共通点がある(田中1999)。また鈴木(1992)は同じような形で深さのみが異なるヤマハッカ属の花の訪花昆虫相を比較して、それぞれの花の深さに合った口吻を持つマルハナバチ類のみが訪花・送

*さっぽろ自然調査館 札幌市厚別区青葉町4丁目1

粉を行なっていることを確認している。

しかし花と昆虫との結びつきは一定ではなく、さまざまな条件の下で変化しうる。植物側と昆虫側それぞれの目的が異なる（送粉と採餌）ために、昆虫側が一方的に利益を得たり（盗蜜して送粉しない）、植物側が一方的に利益を得たりする（送粉させるが報酬を与えない）こともよく知られている（Higashi et al. 1988 など）。場所による訪花昆虫相の変化（違い）やその条件（理由）を明らかにすることは両者の関係を考える上で重要である。

また、人間の諸活動に伴う帰化植物（ムラサキツメクサなど）・帰化動物（セイヨウオオマルハナバチなど）の分布の拡大や、在来の訪花昆虫の生息環境の破壊などにより、植物と訪花昆虫の関係が急激に変化することが考えられる。特に送粉者として重要なマルハナバチ類は社会性で幼虫の養育を花資源のみによって行なうために、大量の花資源を必要としており、環境の改変の影響を受けやすい。そしてマルハナバチ類の減少や種組成の変化は、一部の植物では結実率の低下を招くおそれがある（八坂ら 1994 など）。地域の訪花昆虫相を把握し、その変化をモニタリングすることは生態系保全の上でも重要である。

さっぽろ自然調査館では、北海道に生育する植物の訪花昆虫相について調査を行なっている。一地域の植物相全般について訪花昆虫相を明らかにした例は尾瀬（田中 1998）・京都北部（加藤 1993）などがあるが少なく、地域・季節を縦断してモニタリングしていくことで生育植物の生態的資料の収集を図ることを目的としている。

本報告では 1999 年夏期に行なった訪花昆虫調査の結果を紹介し、花の形態と訪花昆虫相との関係について論じる。夏期は開花植物が多く、重要な送粉者であるマルハナバチ類の働きバチ個体数が多く観測しやすい時期であり植物間の比較などに適している。本調査の一部は一般市民参加による自然観察会において実施したもので、自然教育と環境調査を兼ねた試みの一つとしても報告する。

なお、美幌町における調査は美幌博物館の特別展のための予備調査の一環として行なわれたものである。また滝川公園における調査は滝川美術自然史館主催の「たきかわ自然ガイド」の観察会内で実施したもので、調査は市民参加者によって行なわれたものである。調査に参加していただいた市民の方々および美幌博物館の山鹿百合子さん、滝川美術自然史館の吉住晴美さんに感謝したい。また、花の形態等の分類は田中（1996）を参照するとともに田中肇さん（花粉学会会員）にアドバイスいただき、文献などのご教示もいただいた。厚く感謝したい。

調査地と対象植物

調査は 1999 年 7 月～9 月に北海道内の 8 ヶ所で実施した（表 1）。各調査地では 1～5 回の調査で延べ 25 回の調査を行なった。いずれの調査も天候が晴れからやや曇りの日の 10 時～17 時の時間帯であるが、新得町の調査は 35℃前後の高気温下で実施した。

札幌市の東部緑地は市街地の東端に位置する自然林を主体とする緑地で、調査はその中の二次的な草原でマメ科植物 5 種を対象に行なった。新得町では、市街地北部の畑地および人工林に囲まれた低木群落周辺と、標高約 300 m の新内地区のミズナラを主体とする落葉広葉樹林内の林道周辺で、キツリフネ・オオアワダチソウ・ツリガネニンジン・エゾニユウ等 19 種を対象

に実施した。美幌町では、市街地南端に位置する美富自然公園・柏が丘自然公園の落葉広葉樹二次林（低地林）に接する雑草群落、美幌川上流部標高約220mの古梅地区の針広混交林内の林道周辺、標高約520mの美幌峠周辺の亜高山風衝草原の4ヶ所において実施した。前3地点では、クサフジ・エゾトリカブト等9種の里山の在来植物およびオオハンゴンソウ・オオアワダチソウ等の帰化植物3種を対象とし、美幌峠では亜高山草原に特有のナガバキタアザミ・チシマセンブリ・ミノガワソウの3種を対象とした。滝川市では市街地南端で空知川左岸に位置する滝川公園の林道沿いの高茎草本群落で、ジャコウソウ・エゾトリカブト・キンミズヒキ等8種を対象に、観察会において参加者に調査方法を説明した後に調査を行なった。

調査対象種は全体では表2に示した16科39種で、それぞれ1~4回の調査で延べ15~135分の観察を行なった。

表1. 訪花昆虫調査の概要（1999年）、調査地の環境と調査期間・対象種

Table 1. Location and vegetation of each study site, the dates, observers, and numbers of flowering plant species in each observation.

市町村	場所	標高	周辺環境	月日	時刻	時間 (分)	調査者	調査 回数	調査種 物種数
1 札幌市	東部緑地	40	二次草原	1999/7/25	13:40-15:25	95	展	3	5
2 新得町	市街地北	180	低木群落・畑地	1999/8/8	11:05-12:55	150	丹羽・修	5	19
3 新得町	新内	300	落葉広葉樹林	1999/8/8	16:45-17:15	30	修	1	1
4 美幌町	美幌峠	520	亜高山草原	1999/8/21	10:00-11:00	180	丹羽・展・修	3	3
5 美幌町	美富公園	30	落葉広葉樹林	1999/8/21	15:35-16:05	90	丹羽・展・修	3	4
6 美幌町	柏が丘公園	36	落葉広葉樹林	1999/8/22	10:50-11:20	90	丹羽・展・山鹿	3	5
7 美幌町	美幌川上流	220	針広混交林	1999/8/22	15:00-15:30	60	展・山鹿	2	5
8 滝川市	滝川公園	40	低木群落・人工林	1999/9/5	11:15-12:00	136	参加者	5	8
4市町村・8地点						831		25	39

調査方法と分析方法

1. 訪花昆虫の観察

各調査では、調査区を設定してその中の開花植物全てについて、訪花した昆虫の種類と個体数を記録した。パッチ訪花個体数は調査区内に入って訪花行動を行なって区外へ出るまでを1頭とし、調査区内での移動は頭数に含まなかった。調査区は1m×2m~2m×5m程度の観察しやすい大きさで任意に設定した。調査区によって対象植物の種数や個体数、開花数は異なり、種数は1~12種であった。調査対象植物については、調査区内の花数・花序数・個体数をカウントした（一部は抽出したサンプルの花序数・花数から推定した）。観察時間は基本的に30分とし、訪花頻度の低かった美幌峠では60分とした。調査時には訪花昆虫の行動を観察し、調査区によっては1回の訪花あたりの訪花花序数やパッチ内での滞在時間を記録した。

訪花昆虫の種類は目視によって同定し、目レベルで分類した。ただし、膜翅目についてはマルハナバチ類・セイヨウミツバチ・スズメバチ類・小型ハナバチ類等・アリ類に区分し、マルハナバチ類については可能な限り種の同定を行なった（ニセハイロマルハナバチとハイロマルハナバチについては区別していないが、北海道の平野部では前者が一般的であるといわれている；鷲谷ほか1997）。

2. 訪花頻度による訪花昆虫タイプの分類

訪花頻度はパッチ訪花個体数を観察時間で除して1時間あたりの訪花個体数として求めた。また複数の調査で観察した植物については、植物ごとにパッチ訪花個体数の総和を求めて総観察時間で除し、その植物の平均訪花頻度を求めた。

訪花昆虫を「マルハナバチ類」「その他のハチ類」「アリ類」「双翅目」「鱗翅目」「鞘翅目」の6つに分類し、植物ごとにそれぞれの訪花昆虫全体に占める比率を求めた。また、訪花回数が2回以上の植物における比率をもとにクラスタ分析（最近隣法）を行ない、訪花昆虫相によるタイプ分けを行なった。マルハナバチ類については、中舌長などから「長舌種」（エゾトラマルハナバチとエゾナガマルハナバチ）と「短舌種」（それ以外の種）に分けて（鷲谷ほか 1997, 井上 1993）それぞれの比率を求め、マルハナバチの訪花が見られた植物を「長舌種」の訪花する「長舌型」と「短舌種」の訪花する「短舌型」にタイプ分けした。また結果との比較・参照のため、過去の訪花昆虫に関する文献（田中 1970；1978；1988；1997；1998, 田中・河野 1988, 平塚 1988, 藤丸 1996；1998）の結果についてもまとめて示した。

3. 花の形態

調査時に花の外見上の特徴をスケッチにより記録し、花冠の開口部から蜜腺までの深さ（mm）と花冠の内径を測定した（図1）。さらに色・形・向きについて観察及び図鑑等の記述から分類した。色は白色・黄色・紫色・青色・赤色の5つに、形は皿型〔花弁が開いている〕・浅筒型〔花弁基部が筒状になっており浅い〕・深筒型・管型（花冠が細長い）・仕掛型（距・弁等によって蜜腺が隠蔽されている）の4つに、向きは上向き・上～横向き・横向き・横～下向きの4つに分類した（表2に各植物の値・形質を示した）。

結 果

1. 訪花昆虫相

訪花昆虫相は植物によって大きな違いが見られた（表3および図2）。マルハナバチ類は、エゾトリカブト・ジャコウソウ・キツリフネなどの大型の花やエゾヤマハギ・クサフジなどマメ科の蝶状花（「仕掛型」）の一部、オオハンゴンソウなどキク科の筒状花（「管型」）で多く観察された。その多くは採蜜を行っていた。ハナバチ類はヒメジョオンやヤブジラミ・ヤマククルマバナなどの小型の花（「皿型」）で多く観察された。オオイタドリではスズメバチ類が観察された。アリ類はエゾニュー・ヤブジラミのセリ科の花やオオアワダチソウで観察された。ハナアブやハエなどの双翅目は、セリ科やキク科の皿型・筒状花（「管型」）の集合花で特に多いほか、マメ科を除くほとんどの植物で観察された。その多くは花上で花粉を採餌していた。モンキチョウなどの鱗翅目は、ムラサキツメクサ・ツルフジバカマなどのマメ科や、ヨブスマソウ・ハンゴンソウなどのキク科、エゾタチカタバミなどで観察され、吸蜜行動が見られた。鞘翅目はハナムグリ・テントウムシの仲間がエゾニューで、ヒメハナカミキリの仲間がヒメジョオンで観察されたのみだった。

表2. 対象種の一覧, 種名と花の形態

Table 2. Floral characteristics of the flowering plants species used in this study.

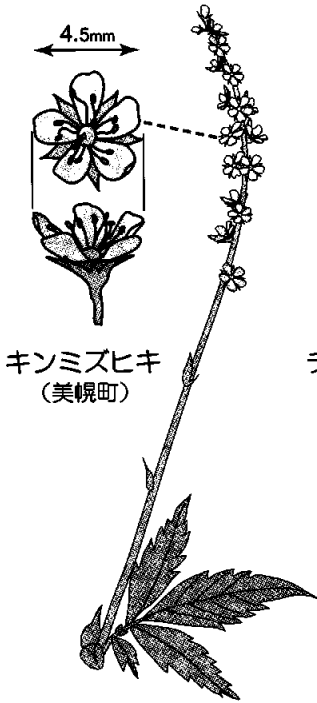
番号	科	名	種	名	学	名	帰化	花の形態				
								色	形	向き	深さ	幅
1	タデ科		ミズヒキ		<i>Antenoron</i>	<i>filiforme</i>		赤	浅	上横	2	2
2	タデ科		ミゾソバ		<i>Persicaria</i>	<i>thunbergii</i>		赤	浅	上	4	3
3	タデ科		オオイタドリ		<i>Reynoutria</i>	<i>sachalinensis</i>		白	筒	上	4	3
4	ナデシコ科		エゾオオヤマハコベ		<i>Stellaria</i>	<i>radians</i>		白	皿	上	6	16
5	キンポウゲ科		エゾトリカブト		<i>Aconitum</i>	<i>yezoense</i>		紫	仕	横下	13	15
6	オトギリソウ科		オトギリソウ		<i>Hypericum</i>	<i>erectum</i>		黄	皿	上	6	15
7	バラ科		キンミズヒキ		<i>Agrimonia</i>	<i>japonica</i>		黄	皿	上横	2	4.5
8	マメ科		エゾヤマハギ		<i>Lespedeza</i>	<i>bicolor</i>		紫	仕	横	11	5
9	マメ科		ムラサキウマゴヤシ		<i>Medicago</i>	<i>sativa</i>	○	紫	仕	上横	5.5	3
10	マメ科		ムラサキツメクサ		<i>Trifolium</i>	<i>pratense</i>	○	赤	仕	上横	6	2
11	マメ科		シロツメクサ		<i>Trifolium</i>	<i>repens</i>	○	白	仕	上横	4	2
12	マメ科		ツルフジバカマ		<i>Vicia</i>	<i>amoena</i>		紫	仕	横下	12	5.5
13	マメ科		クサフジ		<i>Vicia</i>	<i>cracca</i>		紫	仕	横下	9	3
14	カタバミ科		エゾタチカタバミ		<i>Oxalis</i>	<i>fontana</i>		黄	浅	上	4	8
15	フウロソウ科		ゲンノショウコ		<i>Geranium</i>	<i>thunbergii</i>		白	皿	上	5	10
16	ツリフネソウ科		キツリフネ		<i>Impatiens</i>	<i>noli-tangere</i>		黄	仕	横	30	6
17	セリ科		エゾニュウ		<i>Angelica</i>	<i>ursina</i>		白	皿	上	1	4
18	セリ科		セリ		<i>Oenanthe</i>	<i>javanica</i>		白	皿	上	1	4
19	セリ科		ヤブジラミ		<i>Torilis</i>	<i>japonica</i>		白	皿	上	1	3
20	リンドウ科		チシマセンブリ		<i>Swertia</i>	<i>tetrapetala</i>		青	皿	上	4.5	6
21	シソ科		ジャコウソウ		<i>Chelonopsis</i>	<i>moschata</i>		紫	筒	横下	35	10
22	シソ科		ヤマククルマバナ		<i>Clinopodium</i>	<i>chinense</i> var. <i>shibetchense</i>		紫	管	横	10	3
23	シソ科		エゾシロネ		<i>Lycopus</i>	<i>uniflorus</i>		白	管	横	2	2
24	シソ科		ミソガワソウ		<i>Nepeta</i>	<i>subsessilis</i>		紫	筒	横	25	15
25	キキョウ科		ツリガネニンジン		<i>Adenophora</i>	<i>triphylla</i> var. <i>japonica</i>		青	筒	5	20	5
26	キク科		ヤマハハコ		<i>Anaphalis</i>	<i>margaritacea</i>		白	浅	上	5	1
27	キク科		エゾゴマナ		<i>Aster</i>	<i>glehnii</i>		白	浅	上	6	2
28	キク科		ヨブスマソウ		<i>Cacalia</i>	<i>hastata</i> subsp. <i>orientalis</i> var. <i>orientalis</i>		白	管	横下	8	2
29	キク科		マルバヒレアザミ		<i>Cirsium</i>	<i>grayanum</i>		紫	管	上横	15	2
30	キク科		ヒヨドリバナ		<i>Eupatorium</i>	<i>chinense</i> var. <i>oppositifolium</i>		白	管	上横	10	2
31	キク科		コウゾリナ		<i>Picris</i>	<i>hieracioides</i> var. <i>glabrescens</i>		黄	浅	上	15	2
32	キク科		オオハンゴンソウ		<i>Rudbeckia</i>	<i>laciniata</i>	○	黄	管	上横	5	1
33	キク科		ハナガサギク		<i>Rudbeckia</i>	<i>laciniata</i> var. <i>hortensis</i>	○	黄	浅	上	30	2
34	キク科		ナガバキタアザミ		<i>Saussurea</i>	<i>riederi</i> var. <i>yezoensis</i>		紫	管	上	13	2
35	キク科		ハンゴンソウ		<i>Senecio</i>	<i>cannabifolius</i>		黄	管	上	12	2
36	キク科		オオアワダチソウ		<i>Solidago</i>	<i>gigantea</i> var. <i>leiophylla</i>	○	黄	管	上横	8	2
37	キク科		ヒメジョオン		<i>Stenactis</i>	<i>annuus</i>	○	白	浅	上	5	1
38	ユリ科		タチギボウシ		<i>Hosta</i>	<i>sieboldii</i> var. <i>rectifolia</i>		紫	筒	横下	35	10
39	ツユクサ科		ツユクサ		<i>Commelina</i>	<i>communis</i>		青	仕	横	10	5

表3. 植物別の訪花頻度と訪花昆虫相

Table 3. Visitation rates and individual numbers of all insects visiting each flowering plant.

種名	調査回数	延観察時間(分)	訪花頻度				訪花回数 (@-文献, *-近縁種の文献)												
			個体数	平均	最低	最高	マルハナ	他のハナ類	アリ類	双翅目	鱗翅目	鞘翅目							
1 ミズヒキ	1	15	0	0.0															
2 ミソソバ	1	30	0	0.0					@	+	@	@							
3 オオイタドリ	1	21	1	2.9					1										
4 エゾオオヤマハコベ	2	60	1	1.0	0.0	2.0			1										
5 エゾトリカブト	4	135	10	4.4	1.3	10.0	6*			1	2	1*							
6 オトギリソウ	1	30	0	0.0				*			*								
7 キンミズヒキ	3	85	19	13.4	6.0	21.6			1		18								
8 エゾヤマハギ	1	30	3	6.0					3										
9 ムラサキウマゴヤシ	1	30	2	4.0															2
10 ムラサキツメクサ	2	60	8	8.0	0.0	16.0	1*	@											7
11 シロツメクサ	1	30	1	2.0					1*	@								@	@
12 ツルフジバカマ	1	30	12	24.0					+			1	11						
13 クサフジ	3	95	24	15.2	4.0	34.3	21*	1											2
14 エゾタチカタバミ	1	30	2	4.0								1	1						
15 ゲンノショウコ	3	105	4	2.3	0.0	8.0						3	1						
16 キツリフネ	4	105	18	10.3	4.0	20.0	13*					5							
17 エゾニュウ	1	30	23	46.0							2	18	1	2					
18 セリ	1	30	0	0.0						*	*	*	*						
19 ヤブヅラミ	2	60	12	12.0	4.0	20.0			1	2	9								
20 チシマセンブリ	1	60	6	6.0					2	*	4*								
21 ジャコウソウ	1	45	1	1.3					1										
22 ヤマククルマバナ	1	30	2	4.0						2									
23 エゾシロネ	1	30	3	6.0						1*	2								
24 ミソガワソウ	1	60	8	8.0					4			4							
25 ツリガネニンジン	1	30	0	0.0															
26 ヤマハハコ	1	30	1	2.0															1
27 エゾゴマナ	2	60	3	3.0	0.0	6.0						3							
28 ヨブスマソウ	1	30	4	8.0															4
29 マルバヒレアザミ	1	30	0	0.0															
30 ヒヨドリバナ	2	60	1	1.0	0.0	2.0						*	1*						
31 コウゾリナ	2	60	0	0.0	0.0	0.0			@	@	@	@							
32 オオハンゴンソウ	3	81	28	20.7	10.0	32.0	8	7			9	4							
33 ハナガサギク	2	60	0	0.0	0.0	0.0													
34 ナガバキタアザミ	1	60	2	2.0					2										
35 ハンゴンソウ	1	30	12	24.0								1*	11						
36 オオアワダチソウ	3	90	31	20.7	10.0	34.0	13	1*	5	11*	1*	*							
37 ヒメジョオン	2	60	26	26.0	20.0	32.0			2		23*	@	1						
38 タチギボウシ	1	30	0	0.0				*			*	*							
39 ツユクサ	1	30	0	0.0					@		@								@
全 種		1,977	268	8.1															

皿型花の植物

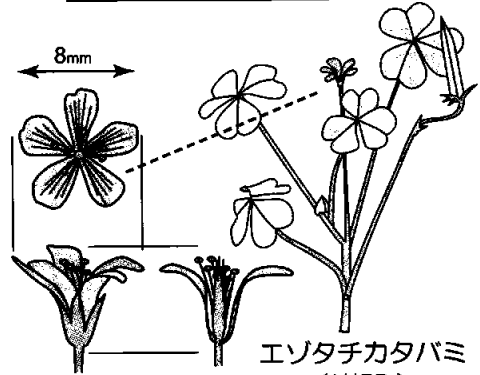


キンミスヒキ
(美幌町)



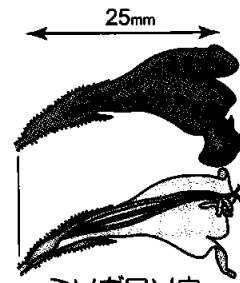
チシマセンブリ
(美幌峠)

浅筒型花の植物



エソタチカタバミ
(美幌町)

深筒型花の植物

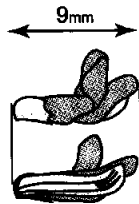


ミソガワソウ
(美幌峠)

仕掛型花の植物

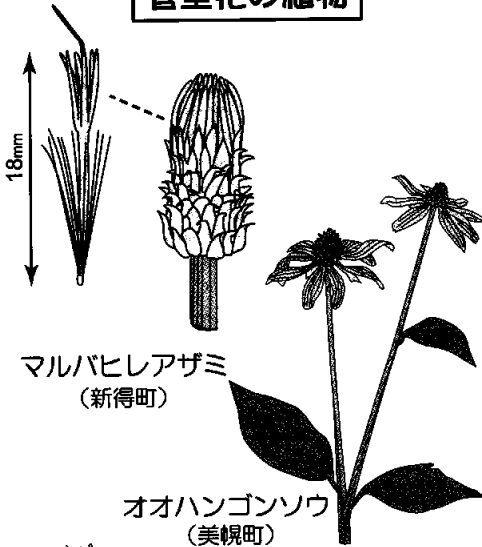


キツリフネ
(新得町)



クサフジ
(美幌町)

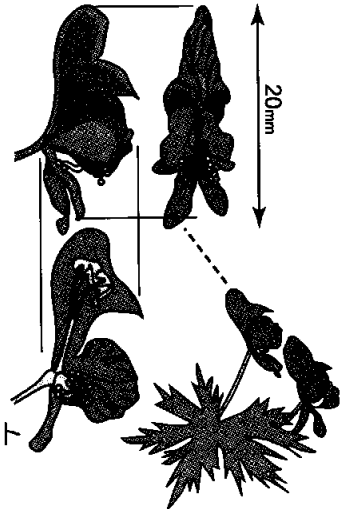
管型花の植物



マルバヒレアザミ
(新得町)

オオハンゴンソウ
(美幌町)

أَسْمَقُ with *CBM*



エソトリカブト
(美幌町)

図1. 主要な対象植物の花の形態

Fig. 1. Illustrations of flowers of typical plants in this study.

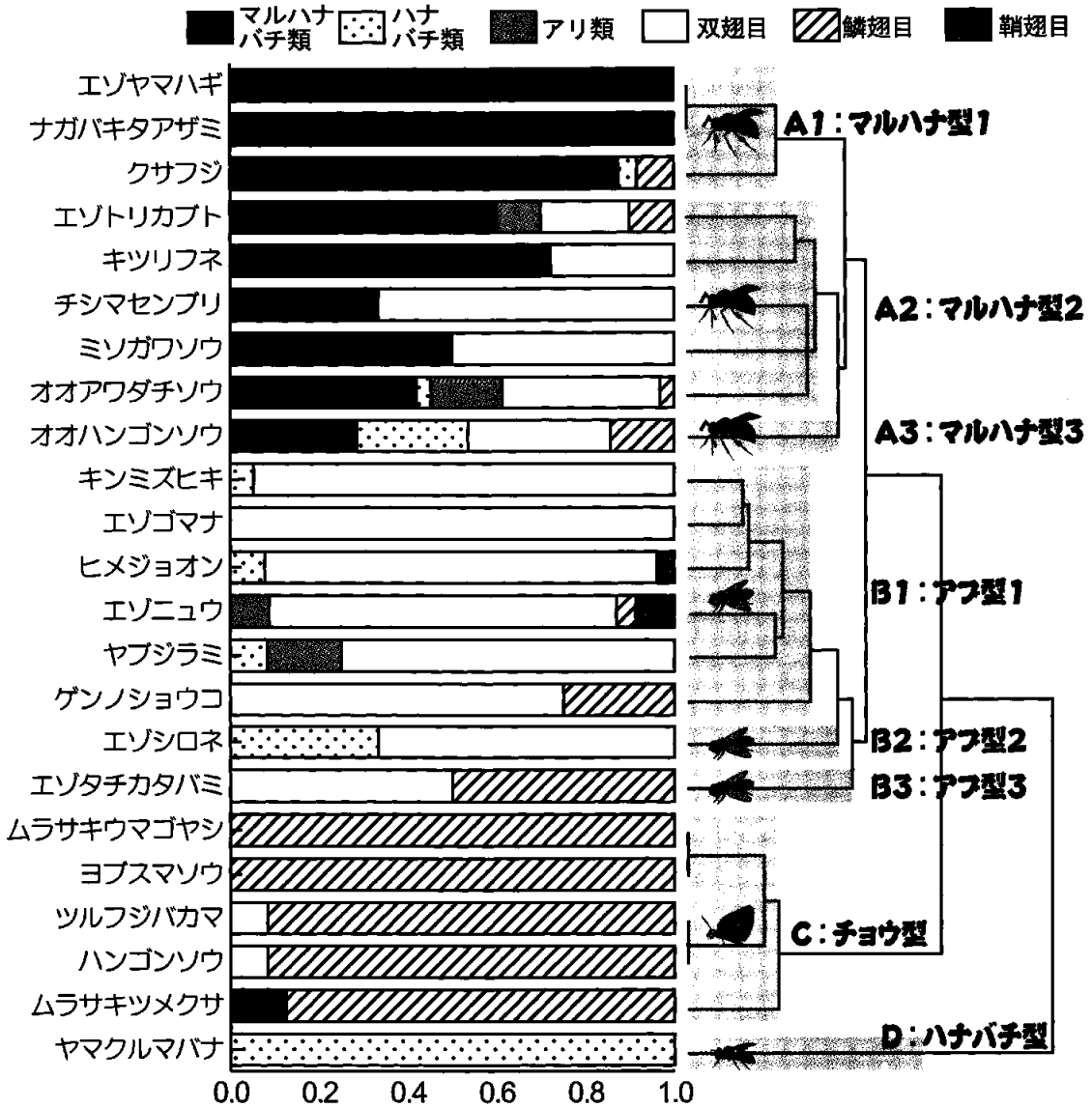


図2. 主要 23 種の訪花昆虫相とそのクラスタ分析結果 (樹形図)

Fig. 2. Results of cluster analysis of floral visitors on main 23 plants.

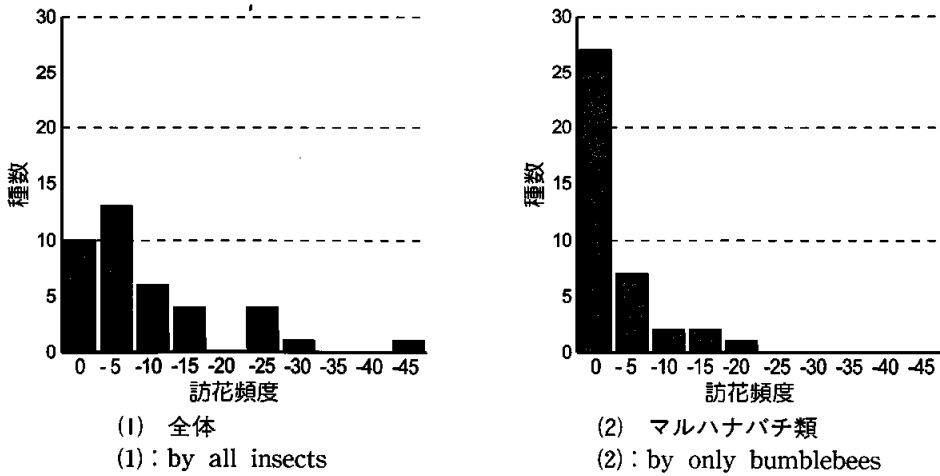


図3. 対象植物の訪花頻度（1時間あたり）の頻度分布

Fig.3. Frequency distribution of visitation rates on each plant.

マルハナバチ類は5種類が確認された(いずれも働きバチ)。種類相は植物によって違いが見られた。エゾトラマルハナバチおよびエゾナガマルハナバチの長舌型のマルハナバチは、エゾトリカブト・ミソガワソウ・キツリフネなどの大型で深筒型または仕掛型の花のみで観察された。エゾオオマルハナバチ・(ニセ)ハイイロマルハナバチ・シュレンクマルハナバチの短舌型のマルハナバチは、オオハンゴンソウ・オオアワダチソウなどの筒状花(「管型」)やクサフジ等で多く観察された。

2. 訪花頻度

各植物の訪花頻度および訪花昆虫相を表3に、マルハナバチ類の訪花頻度および種類を表4に示した。訪花頻度は対象植物の平均で1時間あたり8.1回で、最も高いのはエゾニュウの46.0回だった。ミズヒキなど10種の植物では観察時間内に訪花昆虫は観察されなかった。訪花頻度は図3(1)のような頻度分布を示し、5回未満の植物が最も多かった。

マルハナバチ類の訪花頻度は対象植物の平均で1時間あたり2.2回で、最も高いのはオオハンゴンソウの16.0回だった。対象植物の69%の27種では観察時間内にマルハナバチ類の訪花が観察されず、訪花頻度は図3(2)のような頻度分布を示した。

3. 各植物の訪花昆虫タイプ

2回以上の訪花が見られた23種の植物について、昆虫グループ別頻度を元にクラスタ分析を行なった(図2右)。その結果、マルハナ型(9種)・アブ型(8種)・チョウ型(5種)・ハナバチ型(1種)の4タイプに大きく分かれた。さらにマルハナ型はマルハナバチのみ(3種)・マルハナバチと双翅目(5種)・多グループ(1種)の3タイプ、アブ型は双翅目のみ(6種)・双翅目とハナバチ類(1種)・双翅目と鱗翅目(1種)の3タイプに分けられた。

表4. 植物別の訪花マルハナバチ相と頻度

Table 4. Visitation rates and individual numbers of bumblebees visiting each flowering plant.

種名	調査回数	延観察時間(分)	訪花頻度				マルハナバチ訪花回数				
			回数	1時間あたり	最低頻度	最高頻度	オオ	ハイ	シュ	トラ	ナガ
5 エゾトリカブト	2	75	6	4.8	1.3	10				6*	*
8 エゾヤマハギ	1	30	3	6.0							3
10 ムラサキツメクサ	1	30	1	2.0							1
11 シロツメクサ	1	30	1	2.0			@	1			
12 ツルフジバカマ	1	30	0	0.0				+			
13 クサフジ	3	95	21	13.3	2.0	30.9	1	20		@	
16 キツリフネ	4	105	13	7.4	2	18	*				13 @
20 チシマセンブリ	1	60	2	2.0			2				
21 ジャコウソウ	1	45	1	1.3							1
24 ミソガワソウ	1	60	4	4.0							1 3
32 オオハンゴンソウ	1	30	8	16.0	2	16	5		3		
34 ナガバキタアザミ	1	60	2	2.0			2				
36 オオアワダチソウ	2	60	13	13.0	12	14	12	1			

* 「オオ」はエゾオオマルハナバチ, 「ハイ」は(ニセ)ハイイロ~, 「シュ」はシュレンク~, 「トラ」はエゾトラ~, 「ナガ」はエゾナガ~を示す。

4. 花の形態と訪花昆虫タイプの関係

花の形態と訪花昆虫タイプの関係を表5・図4にまとめた。花の色ではマルハナ型には白色花が見られず紫・青色花が多かったのに対して, アブ型は全て白花・黄色花だった。また訪花マルハナバチタイプでは紫色花が長舌型が多かった。

花の形ではマルハナ型では仕掛型や管型が多かったのに対して, アブ型は皿型, チョウ型では管型が多かった。また訪花マルハナバチタイプでは仕掛型は長舌型が多かった。

花の深さはマルハナ型が平均14.3mmと最も深く, アブ型の3.3mmと有意な差があった(多重比較, $p < 0.05$)。幅に対する深さの比はアブ型のみ低かった($p < 0.05$)。マルハナ型では長舌型で深さが平均23.8mmで短舌型の7.9mmに比べて有意に深かった(t検定, $p < 0.05$)。訪花タイプは花の向き・深さの組み合わせとよく対応しており, マルハナ型は横向き~下向きで深い花, チョウ型は向きに関わりなくやや深い花, アブ型は上~横向きの浅い花だった(図4-1)。またマルハナ型の中でも長舌型は横向き~下向きで深い花, 短舌型はより浅い花だった(図4-2)。

5. 調査場所による訪花昆虫タイプの違い

同じ植物について3回以上の調査を行なっている種について, 訪花頻度・訪花昆虫相の比較を表6に示した。調査間での訪花頻度や昆虫相の違いはいずれの種でも大きかった。オオアワダチソウやオオハンゴンソウでは同地域の調査においても差が見られた。一方, エゾトリカブ

表5. 花の形態と訪花昆虫タイプの関係

Table 5. Relationships between floral characteristics and visitors types.

(1) 訪花昆虫タイプ

(1): all insects

種数	色					形					深さ (mm)	
	白	黄	紫	青	赤	皿型	浅筒型	管型	筒型	仕掛型	平均深さ	深さ/幅
マルハナ型	9	3	5	1		1		3	1	4	14.3	3.4
ハナバチ型	1		1					1			10.0	3.3
双翅目型	8	6	2			4	3	1			3.3	1.4
蝶類型	5	1	1	2	1			2		3	8.7	3.4
合計	23	7	6	8	1	5	3	7	1	7	9.0	2.7

(2) 訪花マルハナバチタイプ

(2): only bumblebees

種数	色					形					深さ (mm)	
	白	黄	紫	青	赤	皿型	浅筒型	管型	筒型	仕掛型	平均深さ	深さ/幅
長舌型	5	1	4						2	3	23.8	2.6
短舌型	5	2	2	1		1		3		1	7.9	3.9

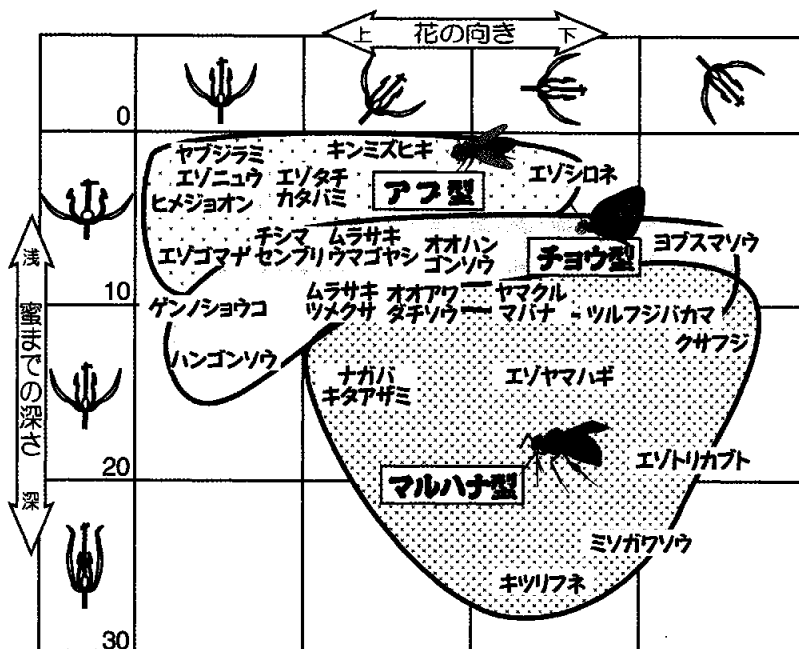
トでは同じ美幌町内でも美幌川上流の自然林内に比べて、市街地郊外ではマルハナバチ類が観察されず、訪花頻度も低かった。

考 察

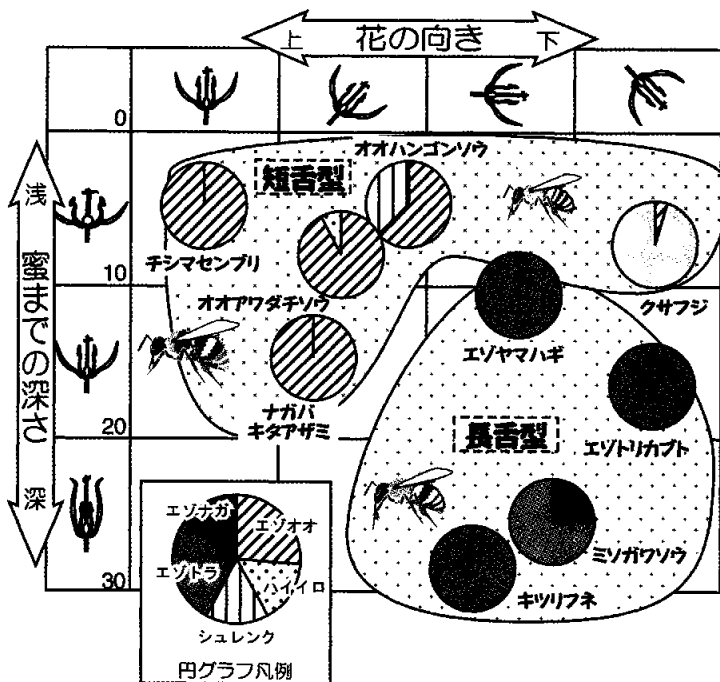
夏期における北海道の訪花昆虫

北海道内の7ヶ所で訪花昆虫相を調査した結果、39種のうち29種の植物で訪花昆虫を確認した。マルハナバチ類5種をはじめ、多種の昆虫が訪花して花粉・蜜などを利用していた。訪花種数は2個体以上訪花した植物で訪花昆虫が1種のみだったのは5種と少なく、多くの植物が複数種の昆虫の訪花を受けていた。実際にはアリ類や小型ハナバチ類などのように盗蜜に近いものもあり、植物によっては送粉の役割を果たしている昆虫に限られるものもあるが、資源として利用する昆虫は幅広いといえる。

訪花が確認されなかった10種は訪花頻度が潜在的に低い種と考えられるが、調査地・時期によって訪花が見られることもあり、傾向を述べるには今回の調査では不十分である。特にミゾソバはハナアブ型(平塚1988, 田中1999)、コウゾリナはチョウ型(田中1970)、ツユクサはハナバチ型(田中1978)に相当する訪花昆虫相が本州で確認されており(表3参照)、北海道でも同様の傾向を示す可能性が高い。また、マルハナバチ類の訪花が確認された植物は3分の1以下であったが、一般にはマルハナバチ類はほとんどの植物の花を利用しているとも言われている(ハインリッチ1991, 加藤1993)ため、今回訪花が見られなかった植物でも低頻度で訪花している可能性はある。



(1) 全体
(1): for all insects



(2) マルハナバチ類
(2): for only bumblebees

図4. 花の向き・深さと訪花昆虫タイプの関係
Fig. 4. Relationships between floral morphologies and main visitors.

表 6. 同植物の訪花昆虫相の調査場所による比較

Table 6. Comparison of floral visitors fauna for same plant species among different observations.

場 所	月 日	観 察 時 間	訪花頻度		訪 花 回 数					マルハナ 率
			回数	(/時間)	マルハナ	他のハチ類	アリ類	双翅目	鱗翅目	
エゾトリカブト										
美幌町	8/22	30	2	4.0			1	1		0%
美幌町	8/22	30	2	4.0				1	1	0%
美幌川上流	8/22	30	5	10.0	5					100%
滝川	9/5	45	1	1.3	1					100%
オオアワダチソウ										
美幌町	8/21	30	9	18.0	7				2	78%
美幌町	8/21	30	17	34.0	6		5	5	1	35%
美幌町	8/21	30	5	10.0		1		4		0%
オオハンゴンソウ										
美幌町	8/22	30	5	10.0				2	3	0%
美幌町	8/22	30	16	32.0	8	3		4	1	50%
滝川	9/5	21	7	20.0		4		3		0%
キツリフネ										
新得	8/8	30	2	4.0	2					100%
新得	8/8	30	10	20.0	9			1		90%
滝川	9/5	30	4	8.0	1			3		25%
滝川	9/5	15	2	8.0	1			1		50%
キンミズヒキ										
美幌町	8/22	30	3	6.0				3		0%
滝川	9/5	30	7	14.0		1		6		0%
滝川	9/5	25	9	21.6				9		0%
クサフジ										
札幌	7/25	35	20	34.3	18				2	90%
美幌町	8/21	30	2	4.0	2					100%
美幌町	8/21	30	2	4.0	1	1				50%
ゲンノショウコ										
新得	8/8	30	0	0.0						—
美幌町	8/22	30	4	8.0				3	1	0%
滝川	9/5	45	0	0.0						—

花の形態と訪花昆虫相

訪花昆虫が確認された 29 種の植物は、美幌峠における 3 種を除いて、同所的かつ同時期に開花する花であり潜在的な周辺の昆虫相は共通しているものと思われる。しかし、植物により訪花昆虫相は大きく異なり、そのパターンは大きく 4 つに分けることができた。そしてこれらのパターンは花の形態とよく対応しており、以下のように従来の「送粉シンドローム論」(河野・井上 1993)でよく説明できる。複雑な構造や深い筒型の花には、それに対応した高い学習能力、逆さ・斜めでもとまる能力を持つマルハナバチ類が訪花していた。これらの花は紫・青色でおそらく蜜量も多く、マルハナバチ類が専攻して訪れるようになっている。さらに、同じマルハナバチに訪花される植物でも、クサフジ・チシマセンブリ等のように花冠の深さが 10 mm 以下の花には短舌型マルハナバチが、ミソガワソウ・エゾトリカブトのように深い花冠を持つ花には長舌型マルハナバチが訪花しており、訪花種は明瞭に分かれていた。京都北部において同様

の調査・分析を行なった結果でも、マルハナバチの口吻の長さに応じた訪花昆虫相のクラスターが現れており(井上1993)、花冠の深さが訪花昆虫相と密接な関係にあることが分かる。一方、キンミズヒキ・ヒメジョオンなど皿型の小さい花には、口吻が短くなめとることしかできない小型の双翅目昆虫が集まっていた。これらの花はほとんどが白・黄色で集合していることからよく目立ち、双翅目昆虫のような機会的に訪花する昆虫を集めやすくなっている。ハンゴンソウ・ヨブスマソウなどの花は管状の細長い内部に蜜を持ち、長い口吻で吸蜜するチョウ類がしばしば訪花する。これらは長いしべを持ち、チョウのような著しく長い口吻を持つ昆虫でも花粉が付着しやすくなっている。

アリ類は観察では送粉には貢献せずに蜜のみを盗んでいたが、特に特定の形態の花で見られるわけではなかった。エゾトリカブトのように複雑な形の花では双翅目などを排除しているがアリ類の侵入は防げないものと思われる。

植物の送粉戦略からみた花の形態の意義

各訪花昆虫には形態や生活史上の特性から、訪花行動や植物の送粉への貢献の度合いに差が見られる(表7)。マルハナバチ類は学習能力が高く同種の花を連続して訪花すること(定花性)や、長い毛に花粉が着きやすいことなどから、送粉者としての有効性が高いといわれる(Beattie et al. 1973; Thomson et al. 1982; Schemske & Horvitz 1984)。しかし、コロニーの維持のために効率的な花蜜採集を行なう必要があるマルハナバチ類に専攻的に訪花してもらうには、蜜の報酬を多くするような戦略が必要となる。また、その蜜を他の昆虫から防衛するために長い花筒や複雑な構造にする必要があり、花にかかるコストが大きくなる。

一方、ハナアブ類は学習能力が低く植物個体間の移動も少ないが、一般に個体数が多く、送粉の頻度を高めるのに有効である(加藤1993)。これらの昆虫を利用するには、花数を多くして訪花を受ける機会を多くする戦略が有効となるが、花一つ一つのコストは小さくてすむと考えられる。

今回の対象種では、エゾトリカブト・キツリフネ・エゾヤマハギ等が花の構造を複雑にする戦略、キンミズヒキ・ヒメジョオン・ヤブジラミ等が花数を多くする戦略に当たる。またオオ

表7. 訪花昆虫の訪花行動・特性の一覧

Table 7. Characteristics of life histories and foraging behavior for each floral visitor.

訪花昆虫の種類	社会性	採餌対象	花資源への依存度	口吻長	個体密度	定花性	植物間の移動	悪天時の行動制約	盗蜜行動	
マルハナ類	長舌型マルハナバチ	社	蜜・花粉	高	長	低	高	多	低	ない
	短舌型マルハナバチ	社	蜜・花粉	高	やや短	やや低	高	多	低	ある
ハナバチ類	セイヨウミツバチ	社	蜜・花粉	高	やや短	*	やや低	多	高	少ない
	小型ハナバチ類	単(社)	蜜・花粉	高	短	普通	やや低	多	高	少ない
	スズメバチ類	社	蜜	低	短	低	高	多	低	ない
アリ類	アリ類	社	蜜	低	短	高	低	低	高	ある
双翅目	小型ハナアブ類	単	花粉	中	短	高	低	低	高	ある
	ツリアブ類	単	蜜	中	長	低	やや高	多	高	ある
	大型ハナアブ類	単	蜜・花粉	中	やや短	低	高	低	高	ない
鱗翅目	チョウ類	単	蜜	中	長	低	低	低	高	ある
鞘翅目	甲虫類	単	花粉	中	短	低	低	低	高	少ない

*セイヨウミツバチ個体数は周辺での養蜂の頻度・季節により変化する。

*網がけは植物から見て有効な特性。

ハンゴンソウはマルハナバチ類だけでなくハナアブ類・チョウ類も誘引していることから、中間的な戦略をとっているものと考えられる。

保全の観点から

帰化植物は主に双翅目と短舌型マルハナバチを利用するものが多かった。特にオオアワダチソウ・オオハンゴンソウなどは訪花頻度も在来種に比べて高く、在来植物の訪花昆虫を奪っている可能性がある。群落としても大きく、開花期間が長いものが多いため、影響はかなり大きくなる可能性がある。特に、帰化植物の増加は短舌型マルハナバチ相を利用する在来種に対して、悪影響を与える恐れがある。

一方、長舌型マルハナバチを利用する植物は、これらの昆虫との結びつきが強い。しかし、美幌の例では市街地近郊では長舌型マルハナバチが観察されず、エゾトリカブトの訪花昆虫相は山間部と大きな差が見られた。このことから市街地近郊では資源量や営巣場所の制約から長舌型マルハナバチの個体数が少ない可能性が示唆され、他殖性であるエゾトリカブト（紺野ほか1999）などの長舌型利用植物の受粉の成功率が下がる可能性がある。

自然教育・市民参加調査としての評価

はじめに述べたように滝川公園におけるデータは市民調査によって得たものである。調査に入る前に、調査の意義を解説するとともに、調査方法や訪花昆虫の区別法を紹介した。昆虫の同定は一般の人には難しく、野外での判別は不可能に近いが、今回用いたような簡単な分類法ならそれほど習熟を必要としない。調査中には、判別に迷った時に随時質問を受ける形で対応することで、精度を上げることに努めた。実際にはハナアブと小型のハナバチ、マルハナバチに擬態したアブのように紛らわしいケースもあるので若干の誤認も含まれる可能性も否めないが、「花と訪花昆虫」の対応関係を大枠でつかむにはあまり問題にならないだろう。訪花昆虫を種レベルで同定することが重要であることはいうまでもないが、多くの植物で訪花者がほとんど分かっていない現状では、今回用いた簡単な分類法でも十分に意味のある生態情報となる。

自然に対する関心の高まりから各地で市民調査が行なわれてきている。しかし、その場限りのもので発展性に欠けていたり、新しい知見が得られないものであることも多い。市民による調査が発展していくかどうかは、調査自体の面白さ・楽しさと共に、いかに自然情報として意味があるものを集積できるかが重要である。市民調査の導入としてよく用いられる地域の動植物の目録づくりは、簡単に始めることはできるものの、調査としての単調さ、要求される高い同定技術などの問題点に加えて、踏査・同定の精度のみで成果の評価が決まってしまう点で一般市民にはしきいが高い。それに対し訪花昆虫調査は、自然情報としての価値・継続して行なう意義も高く、生態的な面白さを伝える調査であり、市民調査に適したカリキュラムの一つとして提案できるものである。

調査方法の課題

送粉への貢献の指標として、より正確には単位時間内の訪花花序数や葯や柱頭にふれる回数などを用いる必要がある。チシマセンブリは訪花頻度でマルハナバチ類が33%で今回の分析では「マルハナ型」となったが、実際には訪花花序数では8%にすぎず貢献度は低い可能性が高

い。花の形態から見ても後者の数値の方がより実態にあっているように思われる。

同じ種・同じ場所でも結果には大きな差が見られた。訪花頻度や昆虫相を決定する要因には、今回検討したような花の形態・環境以外にも、時刻・天候・花密度・他種の開花量など多くの要因が考えられる。これらの要因も考慮して検討を行なうためにはそれぞれの種について調査の反復回数を多くし、データを充実することが必要である。また、今回チョウ類・ハナアブ類などは細分していないが、これらについても体サイズ・口吻サイズ等により区分して分析すればマルハナバチ種間で見られたような訪花する植物との対応関係が見つかるかもしれない。これについても今後の課題である。

引用文献

- Beattie, A. J., Breedlove, D. E. and P. R. Ehrlich (1973). The ecology of the pollinators and predators of *Frasera speciosa*. *Ecology* 54: 81-91.
- 藤丸篤夫 (1998) 「ぼくが見たハチ」, p.38. 福音館.
- 藤丸篤夫 (1996) 「花の虫さがし」, p.28. 福音館.
- ベルンド・ハインリッチ (1991) マルハナバチの経済学. (井上民二監訳). 294 pp. 文一総合出版.
- Higashi, S., Ohara, M., Arai, H. and K. Matsuo (1988). Robber-like pollinators: overwintered queen bumblebees foraging on *Corydalis ambigua*. *Ecological Entomology* 13: 411-418.
- 平塚 明 (1988) ミゾソバ. 「植物の世界1」(河野昭一編): 126-129. 教育社.
- 井上民二 (1993) 送粉共生系における形質置換と共進化. 「花に引き寄せられる動物」(井上民二・加藤真編) 137-173. 平凡社.
- 加藤 真 (1993) 送粉者の出現とハナバチの進化. 「花に引き寄せられる動物」(井上民二・加藤真編): 33-78. 平凡社.
- 河野昭一・井上 健 (1993) 送粉システムの進化. 「昆虫を誘い寄せる戦略」(湯本貴和・井上健編): 9-41. 平凡社.
- 紺野康夫・瀬島 恵・八坂通泰・西脇有紀・岡山恵美・田部和子 (1999) 帯広市近郊に生育する植物 60 種の袋掛け処理下における結実率. 野生生物保護 4: 49-58.
- Schemske, D. W. and C. C. Horvitz (1984) Variation among floral visitors in pollination ability: A precondition for mutualism specialization. *Science* 225: 519-521.
- 鈴木和雄 (1993) ヤマハッカ属の種分化と訪花性昆虫. 「昆虫を誘い寄せる戦略」(湯本貴和・井上健編): 61-79. 平凡社.
- 田中 肇 (1970) キク科数種の受粉 I. 採集と飼育 32: 339-343.
- 田中 肇 (1971) キク科数種の受粉 II. 採集と飼育 33: 85-91.
- 田中 肇 (1978) ツユクサの受粉. 採集と飼育 40: 646-647.
- 田中 肇 (1988) ツリフネソウに集まる昆虫. 「植物の世界1」(河野昭一編): 37. 教育社.
- 田中 肇 (1990) キク科数種の受粉 IV. 採集と飼育 52: 530-535.
- 田中 肇 (1997) 「花と昆虫がつくる自然」 pp.198. 保育社.
- 田中 肇 (1998) 尾瀬の花の受粉生態学的研究. 「尾瀬の総合研究」: 529-571. 尾瀬総合学術調査団.
- 田中 肇 (1999) ハナアブ類に好まれる花たち. 遺伝 53: 16-20.
- 田中 肇・矢原徹一 (1988) ツリフネソウの生活史. 「植物の世界1」(河野昭一編): 24-45. 教育社.
- Thomson, J. D., Maddison, W. P. and R. C. Plowright (1982) Behavior of bumble bee pollinators of *Aralia hispida* VENT. (*Araliaceae*). *Oecologia* 54: 326-336.
- 鷲谷いづみ・鈴木和雄・加藤 真・小野正人 (1997) 「マルハナバチハンドブック」. 40 pp. 文一総合出版.
- 八坂通泰・須永由紀・川崎文圭・紺野康夫 (1994) 森林の孤立化が3種の多年草の結実率に与える影響. 日本生態学会誌 44: 1-7.