

## 筑波実験植物園におけるサクラソウの自生地外保全に 関する研究：Ⅱ．トラマルハナバチの活動状況

福田陽子\*・田中法生\*\*

FUKUDA, Yoko and Norio TANAKA: *Ex situ* Conservation Studies of *Primula sieboldii* (Primulaceae) in the Tsukuba Botanical Garden: II. The Foraging Activity of *Bombus diversus*

植物の遺伝子多様性を維持しながら自生地外保全を行うために、自生地と同様な繁殖環境を提供することは非常に有効な方法である。サクラソウ *Primula sieboldii* E. Morren は異型花柱性であるため、種子生産には異形花柱花間を移動する送粉者が必要である。サクラソウの自然集団には多様な昆虫が訪花するが、最も有効な送粉者はトラマルハナバチ *Bombus diversus* Smith の女王であることがわかっている (Washitani *et al.* 1995)。Tanaka and Fukuda (1999) は、筑波実験植物園でサクラソウの自然交配による種子生産量を調査し、送粉者の訪花頻度が高く種子生産量も多いと報告された自然集団と同程度であることを示した。これから、サクラソウに有効な送粉者であるトラマルハナバチの頻繁な訪花が行われていることを推測し、植物園の環境は自生地外保全の場として良好な環境であると評価された。しかし永続的な保全を行うためには、送粉昆虫の活動が恒常的に行われる必要がある。さらに、植物園周辺の環境は都市化開発などによって変化する可能性があることから、植物園内で生活史を全うできることが望ましい。

トラマルハナバチを含めた送粉昆虫の多くは花蜜や花粉を餌としているため、それらの生存には絶え間ない花の供給が必要である。また、マルハナバチは一年生の生活史を持つ社会性昆虫であり、冬眠から目覚めた女王がコロニーを創設し、働きバチ（ワーカー）を生産し、秋に新女王と雄が作られてそのコロニーが終了するまでの期間、エネルギー補給のための花蜜だけでなく、コロニー運営に重要な花蜜、花粉も供給されなければならない (Heinrich 1979)。従って、トラマルハナバチの恒常的な活動のためには彼らが利用できる植物が春から秋まで連続的に開花し (Heinrich 1976, 鷲谷 1998)、かつ花蜜収集及び花粉収集の両方が行われる必要がある。1999年の春、植物園内でキショウブに訪花するトラマルハナバチが一度だけ観察されているが、春から秋までの連続的な調査は行われていない。

そこで、本研究は春から秋にかけて園内で開花する植物へのトラマルハナバチの訪花状況を調査し、トラマルハナバチが恒常的に活動を行う環境としての可能性と問題点について考察した。

### 方 法

筑波実験植物園（茨城県つくば市天久保）で、2000年4月下旬から10月上旬まで調査を行った。各月の上旬（1日～10日）、中旬（11日～20日）、下旬（21日～31日）に1回ずつ、植物園を園路沿いに調査し、園路周辺の植物に関して、トラマルハナバチの訪花が観察された場合、植物種名及び訪花個体数を記録した。

\* 〒305-0032 茨城県つくば市竹園 3-103-501 Takezono 3-103-501, Tsukuba, 305-0032.

\*\* 国立科学博物館 筑波研究資料センター 筑波実験植物園 〒305-0005 茨城県つくば市天久保 4-1-1 Tsukuba Botanical Garden, National Science Museum, Tsukuba, 305-0005.

## 結 果

トラマルハナバチの訪花が観察された植物の開花期間を Fig. 1 に示した。また、1日に観察されたトラマルハナバチの延べ個体数を Fig. 2 に、トラマルハナバチの訪花が観察された植物種数を Fig. 3 に示した。

トラマルハナバチについて、5月中旬に女王がカキツバタ (*Iris laevigata* Fisch.) に訪花するのが観察された。6月はハコネウツギ (*Weigela coraeensis* Thunb.), クララ (*Sophora flavescens* Ait.), コヒルガオ (*Calystegia hederacea* Wallich) での花蜜収集及びシモツケソウ (*Filipendula multijuga* Maxim.) での花粉収集行動が見られた (Fig. 1)。6月の終わりから7月の初めにはオオハリソウ (*Symphytum asperum* Lepech.) やスウィートジャーマンダー (*Teucrium massiliense* L.) で花蜜収集行動が観察された (Fig. 1)。5, 6月にワーカーの花蜜及び花粉収集行動が観察されたが、7月中旬から8月中旬には全く観察されなかった (Figs. 2, 3)。8月下旬, 再びワーカーがヤマハギ (*Lespedeza bicolor* Turcz.), ナミキソウ (*Scutellaria strigillosa* Hemsl.) で、また9月にはツリフネソウ (*Impatiens textori* Miq.), ヤマトリカブト (*Aconitum japonicum* Thunb. var. *montanum* Nakai), キイジョウロウホトトギス (*Tricyrtis macranthopsis* Masam.), ウンラン (*Linaria japonica* Miq.), キバナアキギリ (*Salvia nipponica* Miq.) での花蜜収集, またツリフネソウ, ヤマトリカブトでは同時に花粉収集行動が観察された (Fig. 1)。

サクラソウの開花期間は4月初旬から5月下旬, 最盛期は4月下旬から5月初旬であった。今回, サクラソウでトラマルハナバチの訪花は観察されなかった。最盛期にはピロードツリアブ (*Bombylius major* L.) が訪花し, 花蜜収集を行っていた。その他, セイヨウミツバチやチョウ類

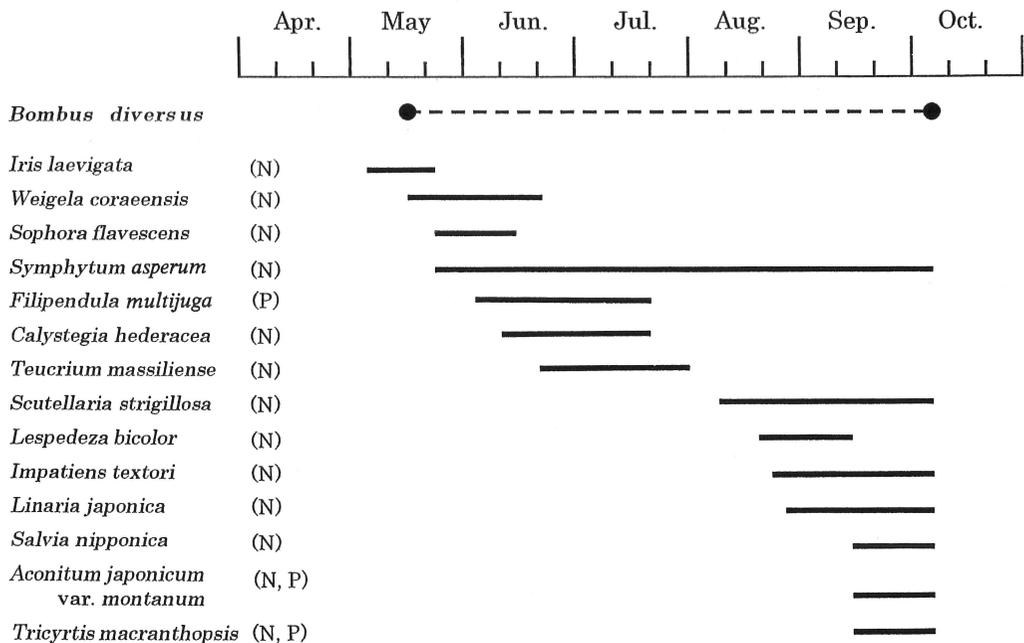


Fig. 1. Phenology of plants which *Bombus diversus* visited in the Tsukuba Botanical Garden from April to October. Solid line and broken line show the blooming time and the activity term of *B. diversus*, respectively. Alphabet after species name mean the object of visiting flower: N, nectar; P, pollen.

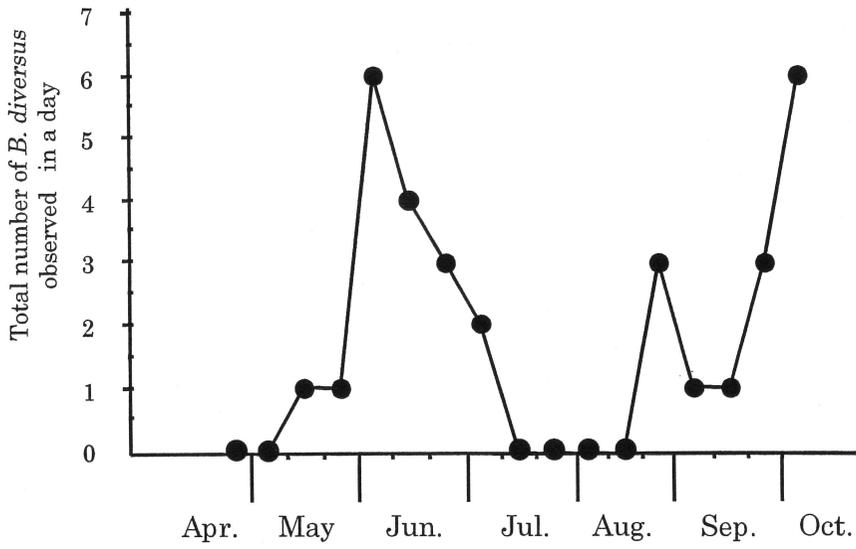


Fig. 2. Total number of *B. diversus* observed in a day from the end of April to the beginning of October.

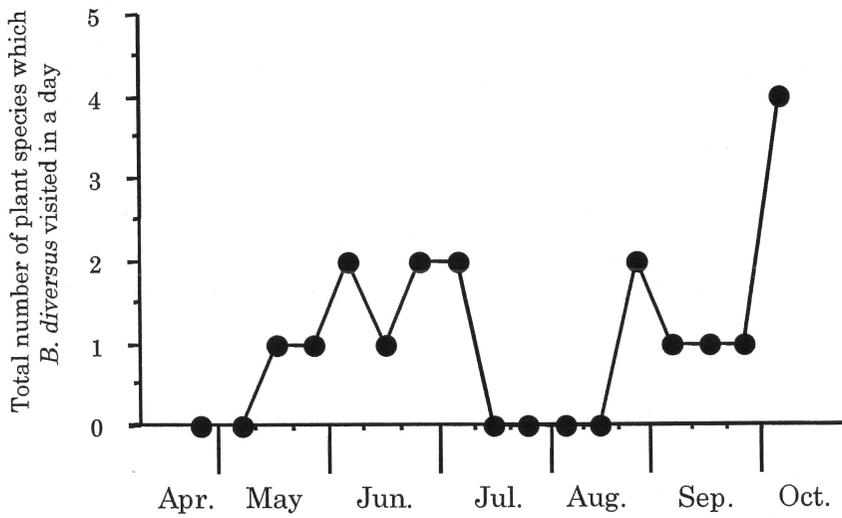


Fig. 3. Total number of plant species which *B. diversus* visited in a day from the end of April to the beginning of October.

が一瞬花にとまり、羽を休めるかのような行動が観察された。ビロードツリアブの活動が観察されたのは4月下旬から5月下旬までで、その間はサクラソウの他にエンコウソウ (*Caltha palustris* L. var. *enkoso* Hara) やエビネ (*Calanthe discolor* Lindl.) での花蜜収集行動が観察された。

## 考 察

筑波実験植物園内は、4月下旬から10月上旬までトラマルハナバチが利用する植物が連続的に開花し、トラマルハナバチが恒常的に活動を行うに十分な花が供給されている環境と考えられた。マルハナバチは、自らのエネルギー補給のための花蜜の収集と巣の建設素材や幼虫の餌としての花粉収集を目的として花を訪れるが(片山 1998)、今回トラマルハナバチの植物園内での花蜜及び花粉収集行動が観察されたことから、コロニーの生活史を全うするのに良好な環境であると評価できた。

5月中旬から下旬は、観察されたトラマルハナバチの個体数が少なかった。これは、この時期がマルハナバチのコロニー活動の初期で、女王が巣を作り、産卵した最初の働きバチが成虫になっていない(Heinrich 1979)ためと考えられる。女王が産卵した働きバチが実際に花蜜を集めるようになる5月下旬から6月初旬には、個体数が増加したことがFig. 2で示されている。

7月中旬から8月中旬の気温の高い期間、マルハナバチが全く観察されなかった。矢原(1995)は埼玉県の雑木林でマルハナバチに訪花された植物の開花期間を調査し、7、8月にマルハナバチ類が利用する花が少ないことを示している。また、夏には高温によってマルハナバチ類のコロニー成長が抑制されるとも述べている。植物園内ではこの時期、自生地でマルハナバチの訪花が観察されているノアザミ (*Cirsium japonicum* DC.)、ウツボグサ (*Prunella vulgaris* L. var. *liliacina* (Nakai) Nakai)、サワギキョウ (*Lobelia sessilifolia* Lamb.)、ホタルブクロ (*Campanula punctata* Lam.)、オオバギボウシ (*Hosta montana* F. Maek.) (田中 1997, Kobayashi *et al.* 1997, 鈴木 1999)などが開花していることから、今夏のマルハナバチの減少は、花資源の不足ではなく、夏の高温が原因と考えられる。

8月下旬、再びトラマルハナバチが観察され、その個体数及び植物種数は他の期間に比べて多かった。トラマルハナバチが観察されたナミキソウ、ウンラン、ツリフネソウ、ヤマトリカブト、キバナアキギリなどは奥深い蜜源あるいは複雑な花の構造を持つ種であったため、マルハナバチ以外の訪花はほとんど観察されず、トラマルハナバチは花蜜をほぼ独占できたと考えられる。秋はトラマルハナバチのワーカーが増えるとされ(矢原 1995)、植物園にはそれに対応できるだけの資源量があったと考えられた。

ハナアブ、ハナバエ類はマルハナバチに比べると個体数が多く、多種の植物で見られた。サクラソウで訪花が観察されたビロードツリアブは、サクラソウの他、エンコウソウ、エビネなどで観察された。活動期間の短いビロードツリアブにとっても、植物園は生活に十分な花が供給されていると考えられた。

今回、サクラソウでビロードツリアブの訪花が観察されたが、ビロードツリアブはマルハナバチに比べて定花性がないため(矢原 1995)、Tanaka and Fukuda (1999)で報告されたような高い種子生産率に大きな役割を果たしているとは考えにくい。また、Tanaka and Fukuda (1999)の報告及び今回、サクラソウの花弁に多数の爪痕が観察された。ビロードツリアブはホバリングしながら採餌を行っていたので花弁に爪痕がつくことはなく、Washitani *et al.* (1995)が指摘するように、爪痕はマルハナバチ類が訪花した証拠である可能性が高い。しかし実際の訪花は確認されていないため、今後の調査課題として残された。

7月上旬には外国産有用植物区に植栽された草本類でトラマルハナバチの訪花が観察された。一方、同時期に在来の植物が開花していたが、トラマルハナバチの訪花は観察されなかった。採餌効率の良い植物に連続的に訪花する習性(定花性)をもつマルハナバチ類は植物にとって優秀な送粉者であり、マルハナバチを誘引し、他の昆虫を排除させるような花を進化させた植物も多い(Leppik, 1977, Proctor *et al.* 1996)。その植物はマルハナバチの訪花が無くなると、花粉を運ぶ存在が失われてしまう。このような現象は都市化開発に伴う帰化植物の侵入によってもたらされ、在来植物に大きな影響を与えることが危惧されている(鷲谷・矢原 1996)。花が少なくなる夏の時期に外国産草本類はマルハナバチにとって重要な資源であるが、在来植物にとっては強力な競争相手であることが明らかとなり、自然交配による自生地外保全を行う場合の今後の課題と考えられる。

植物園では多くの種類を保存する必要性から、その個体数が制限される場合がある。今回の調査で、コマルハナバチ *Bombus ardens* Smith は、一つの株に多数の花をつける木本種での訪花が観察されることが多かった(データ未発表)。この場合、コマルハナバチは一つの株の中を往来するため、自家受粉となる。自家交配を行う種は遺伝子多様度が低いことが報告されており(Hamrick and Godt 1996, Bussell 1999)、自然交配による種子繁殖を行う場合、検討が必要である。またトラマルハナバチが訪花した草本類のうち、クララやキバナアキギリ、ヤマトリカブトなどは個体数が少なく、遺伝子多様性の維持は望めない。しかし一方で、砂礫地植物区の広い一体に植栽されたナミキソウでは、トラマルハナバチが次々と個体間を往来しており、多くの個体で結実も確認された。この場合、個体群としての遺伝的多様性を自生地の状況に近い形で維持できると考えられる。また、ナミキソウの花の形はマルハナバチのような口吻の長い昆虫だけが採餌可能な仕組みで、他の昆虫の訪花では受粉が成功しないという点で、サクラソウと共通する。今後サクラソウの植栽を検討する上で、参考になるものと考えられた。

## 摘 要

筑波実験植物園において、サクラソウの遺伝的多様性を維持できる自生地外保全のための基礎データを得るために、サクラソウの主要ポリネーターであるトラマルハナバチによる、春から秋にかけて園内で開花する植物への訪花状況を調査した。その結果、4月下旬から10月上旬までトラマルハナバチが利用する14種類の植物が連続的に開花し、花蜜及び花粉収集行動が観察されたことから、トラマルハナバチが恒常的に活動を行い、コロニーの生活史を全うするのに良好な環境であると評価できた。7月中旬から8月中旬の気温の高い期間に、マルハナバチの減少がみられたが、これは園内の花資源の不足ではなく、夏の高温が原因と考えられた。また今回、サクラソウでビロードツリアブによる花蜜収集が観察されたが、トラマルハナバチの訪花は観察されなかった。しかし花卉に見られた多数の爪痕はマルハナバチ類の訪花の可能性を示した。

## Summary

The foraging activity of *Bombus diversus* which is the main pollinator of *Primula sieboldii* was investigated in the Tsukuba Botanical Garden from April to October, to obtain basal data for *ex situ* conservation of *P. sieboldii*. Because 14 plants which were visited by *B. diversus* were continuously bloomed from the end of April to the beginning of October and collecting nectar and/or pollen by *B. diversus* were observed at each flower, the garden was assessed as good condition for *B. diversus* to forage and maintain the colony from spring to autumn. *B. diversus* was absent from the middle of July

to the middle of August. It was considered that the colony activity was suppressed by high temperature rather than the shortage of flowers. Although *Bombylius major* was observed foraging nectar, *B. diversus* was not observed on it. Many claw marks on flowers of *P. sieboldii*, however, might suggest bumblebee visit to *P. sieboldii*.

## 文 献

- Bussell, J. D., 1999. The distribution of random amplified polymorphic DNA (RAPD) diversity amongst population of *Isotoma petraea* (Lobeliaceae). *Molecular Ecology* **8**: 775-789.
- Hamrick, J. L. and M. J. W. Godt, 1996. Effects of life history traits on genetic diversity in plants species. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B* **351**: 1291-1298.
- Heinrich, B., 1976. Flowering phenologies: Bog, woodland, and disturbed habitats. *Ecology* **57**: 890-899.
- , 1979. *Bumblebee Economics*. Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- 片山栄介, 1998. マルハナバチの産卵・育児習性. *昆虫と自然* **33** (6): 12-16.
- Kobayashi, S., K. Inoue and M. Kato, 1997. Evidence of pollen transfer efficiency as the natural selection factor favoring a large corolla of *Campanula punctata* pollinated by *Bombus diversus*. *Oecologia* **111**: 535-542.
- Leppik, E. E., 1977. *Floral Evolution*. Today and Tomorrow's Printers and publishers, New Delhi.
- Proctor, M., P. Yeo and A. Lack, 1996. *The Natural History of Pollination*. Harper Collins Publishers, London.
- 鈴木和雄, 1999. マルハナバチ媒花の類型化とその意味. *プラント* **65**: 16-21.
- 田中肇, 1997. *花と昆虫がつくる自然*. 保育社.
- Tanaka, N. and Y. Fukuda, 1999. *Ex situ* conservation studies of *Primula sieboldii* (Primulaceae) in the Tsukuba Botanical Garden: I. Seed production by open pollination. *Ann. Tsukuba. Bot. Gard.* **18**: 53-58.
- Washitani, I., M. Kato., J. Nishihiro and K. Suzuki, 1995. Importance of queen bumblebees as pollinators facilitating inter-morph crossing in *Primula sieboldii*. *Plant Spec. Biol.* **9**: 169-176.
- 鷺谷いづみ, 1998. サクラソウの目—保全生態学とは何か—. 地人書館.
- ・矢原徹一, 1996. *保全生態学入門*. 文一総合出版.
- ・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.
- 矢原徹一, 1995. *花の性—その進化を探る—*. 東京大学出版会.