

金沢市角間丘陵と金沢城公園の送粉生態系の比較研究

著者	宇都宮 大輔
著者別名	Utsunomiya. Daisuke
雑誌名	博士学位論文要旨 論文内容の要旨および論文審査結果の要旨 / 金沢大学大学院自然科学研究科
巻	平成19年9月
ページ	1-5
発行年	2007-09-01
URL	http://hdl.handle.net/2297/26676

氏名	宇都宮 大輔
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	博甲第838号
学位授与の日付	平成18年3月31日
学位授与の要件	課程博士(学位規則第4条第1項)
学位授与の題目	金沢市角間丘陵と金沢城公園の送粉生態系の比較研究
論文審査委員(主査)	中村 浩二(自然計測応用研究センター・教授)
論文審査委員(副主査)	岡澤 孝雄(留学生センター・教授), 木下 栄一郎(自然計測応用研究センター・助教授), 川幡 佳一(教育学部・教授), 御影 雅幸(自然科学研究科・教授)

学 位 論 文 要 旨

Pollination system is one of the most important interactions of organisms in ecosystems. Recently much attention has been paid to diversity and stability of pollination systems. Disturbances by human activities, as well as natural ones, affect pollination systems. In order to analyze the causes and to predict the consequences of these changes, long-term monitoring of pollination systems, dealing with the whole plant-insect links, coexisting in a local community, is vitally necessary. This study aims to clarify the structures and changes of the pollination systems in Kanazawa Castle Park and Kakuma hills, Kanazawa, Japan.

Kanazawa Castle Park (KCP) was kept in a good condition for many years. Recently it has been seriously disturbed by park improvement project. We monitored the pollination system in KCP by regular route census at 7-10 day intervals from 2000 to 2003. We recorded species, abundance and links of all flowering plants and flower visiting insects. A total of 101 resident plant species (42 families) flowered during the study, including 12 woody plants and 89 herbs and 68 garden plant species. The insects composed of 76 species in 4 orders (1395 individuals). Hymenoptera was most abundant in number of species and individuals. Total number of the plant-insect links ranged from 58 to 72 and 12 to 83 in resident and garden plants, respectively. In resident and garden plants, 70% and 83.-98%, respectively, of the links were recorded only in one year. Lepidoptera tended to visit flowerbeds, and Coleoptera resident plants. Large sized Hymenoptera and Diptera tended to visit flowerbeds, while small ones to resident plants. Direct adverse effects of flowerbeds on resident plants occurred by destruction of resident plants and habitats. Indirect effects occurred in two ways: the insects that visited resident plants switched to flowerbeds, and the insects visiting flowerbeds robbed honey of resident plants. Results of the study in KCP are compared with two former bee surveys that were carried out in KCP in 1975 and 1987 and with those of in Kakuma hills. Below the latter comparison is given briefly.

Kakuma hills, a former satoyama area, are located at 5km southeast of KCP and covered with deciduous forests predominated with mature oak trees. A total of flowering plants was 36 and 92 species in woody and herb plants, respectively, and their insect visitors included 5 orders 42 families 160 species (1680 individuals). In woody plant species, Compared to Kakuma, KCP was 1/3 and 1/10 in total number of flowering plant species and individuals, respectively. In herb, the both sites had similar number of species, but total number of flowers in KCP was about three times larger in Kakuma. In both KCP and Kakuma, more than 70% of plant species flowered in two or three year during the study period, PS value of KCP was lower than that of Kakuma (0.34-0.58 vs. 0.56-0.66), because in KCP, dominant plant species changed yearly by human inference. KCP had a lower number of the insect species than Kakuma (76 vs. 160) due to the difference in the number of coleopteran species (8 vs. 80). In Kakuma, more than 75% off coleopteran species and individuals visited woody plants. Compared with Kakuma, bees, the important pollinators, in KCP were also poorer in species diversity and abundance (five families 29 species 541 individuals vs. six families 43 species 547 individuals). Regarding the similarity in insect species compositions between two years, it

was low both in KCP and Kakuma. PS value in KCP was extremely low (0.22, 0.29 and 0.63 from 2000 to 2002), but it ranged from 0.36 to 0.49 in Kakuma, indicating that the yearly change of insect species composition in KCP was larger than in Kakuma. Total number of plant-insect links in KCP (58 to 155) was much lower than in Kakuma (133 to 233), indicating that structure of pollination system in KCP was far simpler than in Kakuma, resulted from the low number of flowering woody plant species in KCP. About 70% and 65% of total links in KCP and Kakuma, respectively, were recorded only one out of three years, indicating that plant species changed insect partners yearly.

(スコープと目的)

1. 本調査の目的は、北陸の低地（ほぼ同じ高度にある）から、人為的攪乱の強い場所として金沢市中心部にある金沢城公園をえらび、安定した環境として、角間丘陵の里山林を選び、両地において送粉系の基本構造と環境変動（自然的変動と人為的攪乱）にたいする応答の比較研究し、それらを通して生態系や生物多様性の保全に資する基礎情報を得ることである。
2. 本研究の方法上の特色は、金沢市の金沢城公園と角間丘陵において、送粉系の群集レベルでの定量的調査をするために、調査ルートを設定し、その周囲で「開花した全植物種」とそれを「訪花した全昆虫種」を対象として、種類相、数量（植物の開花量と昆虫の個体数）、開花植物と訪花昆虫のリンクの季節変化、年変化を調査したことである。これまで、送粉系の群集レベルでの調査は、坂上昭一ら（1974）や井上民二ら（1990）が実施してきたが、本調査のように徹底したものはなかった。
3. 両地点で、同一方法を用いたので、両地点のデータの直接比較できる。金沢城公園では、1970年代と1980年代に実施されたハナバチ相調査の結果と比較できる。このように複数地点、複数時点の比較を通して、北陸低地の送粉系の特徴を総合判断できることは、本研究の大きな利点である。

(第1部 金沢城公園の送粉系)

4. 金沢城公園（全面積は約30ha、海抜60m）は、金沢市の中心部にある孤立緑地であり、成熟した森林（約4ha）があり、豊かな生物多様性に恵まれていたが、1996～99年の森林攪乱（伐採による森林面積の減少と林床植生の除去）と2000年春～2002年の大規模な草地攪乱（芝生化、花壇造成、舗装道路整備）という2度の人為的攪乱を受けた。大型花壇は、2001年8月に完成し、園芸植物が植えられた。2002年は春から秋まで開花）本研究は、2000年（花壇造成前）から2002年（完成後2年目）まで調査し、花壇造成が送粉系に及ぼす影響を解析した。
5. 金沢城で最も良好な自然が残る南側に、林内、林縁、草地を通るように7ルート（全長550m）を設定し、3年間（2000～2002年）、4月～11月に7～10日間隔で、1日3回（朝、昼、夕）調査した。
6. 記録項目：植物は、「在来植物」と造成された花壇に植えられた「園芸植物」の「開花状況」と「開花量」を種ごとに記録した。昆虫は、調査時に訪花していた昆虫をすべて採集し、同定した。
7. 解析法：①開花植物と訪花昆虫の各々に3年、2年間の共通種数と類似度（Jaccard Index のCC指数とBray-Curtis Index のPS指数）を算出した。
②量的食物網を用いて、毎年の植物と訪花昆虫のリンクを視覚化した。
③CHAID法により、園芸植物への訪花傾向の決定要因を検出した。

8. 結果

(1) 植物

- ①開花した植物種総数：在来植物の総種数は、101種（42科87属）、木本が12種（11科12属）、草本が89種（33科76属）であり、訪花が確認されたのは、高木はなし、低木2種と草本47種の計49種、園芸植物は、2001～2002年に68種（141品種）開花し、27品種が訪花された。
- ②開花種数の年変化（2000～2002）：木本は7、8、7種、草本は65、67、72種が開花し、在来植物の開花種数の年変化は少なかった。園芸植物は76～55品種が植えられた。
- ③開花植物の年間共通性：在来植物101種のうち46種が毎年開花し、2年開花は26種、1年だけは29種であった。うち本では、毎年開花したものは4種、1年だけは6種であった。草本3年は42

種、2年は24種、1年だけは23種であった。CC値は、本では、1年だけ開花した種が多く0.36～0.56と低かったが、草本では毎年開花種が多く0.57～0.69であった。

(2) 訪花昆虫

- ①総種数と総個体数：4目76種1395個体であった。うち鞘翅目が8種565個体、双翅目が22種131個体、膜翅目が34種580個体、鱗翅目が12種114個体であった。膜翅目が種数も個体数も最多で、次いで種数では双翅目、個体数では鞘翅目が多かった。
- ②年間の共通性：全体では調査期間中に採集された76種のうち、毎年採集された種は11種、2年は23種、1年だけは42種であった。どの目も1年だけ採集された種が半分以上を占めており、特に、鞘翅目と鱗翅目はその割合が高かった。毎年採集された種は、合計11種であったが、うち7種が膜翅目であった。類似度指数は、1年だけ採集された種が半分以上を占めることを反映して、CC値は低かった(0.28～0.31)。PS値は、2000/2001が0.63と高かったのは、両年ともエチゴチビケシキスイが優占種であったからである。2002年には優占種がケブカハナバチへ変化したためPS値が低下した。日本ミツバチは1個体(2000年)から108個体(2002年)へ増加した。
- ③開花植物と訪花昆虫のリンク数の年変化：開花した全植物と訪花昆虫の総リンク数は、2000～2002年にかけて、58、83、155組であり、リンク数が年々増加し、複雑化した。在来植物が関与したリンク数は、58、71、72組であり、年変化が少なかった。一方、園芸植物が関与したリンク数は12(2001年)から83組(2002年)に増加した。総リンク数の増加原因は、2001年と2002年に園芸種が訪花されたことである。
- ④リンクの安定性：在来植物が関与したリンクのうち、3年間みられたものは5組だけであった。一方、1年だけのリンクは2000～2002年には、それぞれ40、50、48組であり、全リンクの約70%を占めた(Fig. 9)。このように、在来植物と訪花昆虫のリンクは1年だけのものが多く、毎年変化した。園芸植物では、2001年と2002年ともみられたリンクは2組だけであり、2001年にみられた10組と2002年の81組は、1年しかみられなかった。在来植物も園芸植物も複数年開花した種と複数年記録された昆虫が毎年リンク相手を変えていた。
- ⑤花壇に誘引された昆虫の特徴：Lepidopteraが最も園芸植物への訪花傾向が強く、Coleopteraは在来植物のみを訪花した、大型のDipteraとHymenopteraは、園芸植物を利用する傾向があった。これら大型昆虫は、もともと在来植物を訪花していたので、訪花先が園芸植物へシフトすると、これらを主要な訪花昆虫としていた在来植物(オドリコソウやカキドオシなど)は、繁殖に大きな影響を受ける可能性がある。
- ⑥花壇造成が在来植物へ及ぼす直接的および間接的影響：6種(タガラシやシロツメクサを含む)は、花壇造成により生息地が破壊され「直接的」悪影響を受けた。他の6種は、それまで訪花昆虫であった大型ハチ類が、訪花先を園芸植物にシフトしたために、訪花昆虫が激減し、花壇造成による「間接的」な影響を受けた。また、花壇に来始めた大型ハナバチがオドリコソウから盗蜜し、送粉に全く貢献していないのも花壇の「間接的」影響であろう。

(第2部 角間丘陵の送粉系)

9. 金沢大学角間キャンパス内の里山ゾーン(標高50～160m、総面積は約74ha)で調査した。斜面と尾根には、アベマキとコナラを優占種とする二次林、モウソウチク林、スギの植林地等がある。以前はよく人手の入った「里山」であったが、約25年前から管理放棄されており、林床にはチマキザサやクマザサが繁茂している地点が多い。センサスルートは、北向きの斜面に、麓(50m)から尾根(150m)まで全長500mのルートを設定した。
10. 調査期間と頻度、記録方法、解析法は、金沢城公園の調査と完全に同じである。

11. 結果

(1) 植物

- ①開花した植物種総数：3年間で開花した植物の総種数は128種(53科111属)。高木が18種(15科16属)、低木が18種(12科16属)、草本が92種(34科79属)であった。訪花が確認された種は、高木11種(61%)、低木15種、草本57種の計83種であった。

②開花種数の年変化(2000~2002) : 88種(44科78属)、90種(42科81属)、122種(51科106属)が開花した。高木は、13、13、16種、低木は、17、15、17種、草本は、58、62、89種が開花した。

③開花植物の年間共通性 : 128種のうち、71種は毎年開花し、2年開花は30種、1年だけは27種であった。高木は、18種のうち11種は毎年、2年は2種、1年だけは5種、低木では15種が毎年開花し、2年開花は1種、1年は2種だけだった。草本のうち毎年開花したのは45種、2年間は27種、1年だけは20種であった。複数年開花した種が約80%を占めていた。木本のCC値は0.76~0.82と高く、草本は0.60~0.69であった。PS値も0.78~0.81、0.56~0.66高かった。

(2) 訪花昆虫

①総種数と総個体数 : 5目42科160種1608個体であった。うち鞘翅目が80種779個体、双翅目が22種251個体、半翅目が2種9個体、膜翅目が45種555個体、鱗翅目が11種14個体であった。種数、個体数ともに鞘翅目が最も多く、次いで膜翅目が多かった。

②年間の共通性 : 採集された160種のうち、3年採集は26種、2年は48種、1年は86種であった。CC値は0.27~0.34であり、訪花昆虫の種類がよく入れかわっていた。PS値は0.36~0.49であった。

③開花植物と訪花昆虫のリンク数の年変化 : 2000~2002年に191、131、233であった。

④リンクの安定性 : 3年ともみられたリンクは、17組だけ、2年は2000~2002年に8、62、65組であり、1年だけは、129、69、168組であった。このように、組み合わせは毎年変化しており、植物も昆虫も複数年記録された種が毎年リンクの相手を変えていた。

(考察)

12. 金沢城公園と角間丘陵の送粉系の比較

(1) 植物

①種多様性 : 角間では、木本は36種、草本は92種、訪花昆虫は、5目42科160種1608個体であった。金沢城公園の在来植物では、木本は12種、草本89種が開花し、4目20科76種1395個体の昆虫が訪花した。金沢城公園で開花した植物種の約半分(55種)は角間でも開花した。金沢城公園では、木本の開花種数は角間の1/3、開花個体数は1/10であり、角間より開花した木本相は貧弱であった。草本では種数には差がなかったが、開花数は角間の3倍であった(多数の花をつけるシヤクやハナタデがあったから)。

②年変化 : 両調査地ともに、3年間のうち毎年または2年開花した植物は、全種の7割を超え、割合は安定していたが、金沢城公園の草本のPS値(0.34~0.58)は、人為攪乱の影響により、優占種が年ごとに变化したために角間よりも低かった(角間 : 0.56~0.66)。

(2) 訪花昆虫

①種多様性 : 総種数は金沢城公園で76種、角間で160種であった。これは鞘翅目の種数差を反映していた(8種 vs. 80種)。角間では鞘翅目昆虫の種数、個体数の75%以上が木本を訪花した。ハナバチは、金沢城公園では角間より種数が貧弱であった(5科29種541個体 vs. 6科43種547個体)。

②年変化 : 訪花昆虫相の共通性の年変化を比較すると、金沢城公園では種構成の変化が激しかったが(1年だけ採集された種が55.3%、3年間は14.5%)、同傾向は角間(53.8%と16.2%)でもみられた。しかし、角間のPS値は0.36~0.49出あるのに対し、金沢城公園では0.22、0.29、0.63であり、極端に低い年間があり、より変化が激しかった。

(3) 植物-昆虫のリンク

金沢城公園のリンク総数(58~155)は、角間(131~233)よりずっと少なく、構造がより単純であった。調査地間の差は、金沢城公園で開花した木本が少なかったことが主要原因である。金沢城公園では、3年のうち1年だけ記録されたリンクが、全リンクの約70%を占め、角間では65%以上を占め、両地ともリンクの安定性が低かった。このように、同じ場所に同じ植物種が開花していても訪花する昆虫(大部分は2年か3年記録された種)は年ごとに入れかわった。

13. 金沢城公園の送粉系の長期変化：本研究と1970年代および1980年代の比較

金沢城公園のハナバチ相は、1975年（根来 1980）と、1987年（内海 1987）の調査報告がある。本研究結果と比較したところ、(1)科レベルでは、3研究とも Halictidae、Anthophoridae、Megachilidae の種数が多かった。(2)本研究では Apidae 以外の科に含まれる種数が、以前の2研究より4~12種少なかった。(3)種レベルでは、本研究で採集されたハナバチ27種のうち20種は根来(1980)、22種は内海(1987)の調査でも採集されていた。従って、本研究で採集された種の大部分は、1990年代後半以降の人為的環境攪乱を乗り越えたと考えられる。

学位論文審査結果の要旨

北陸の低地から金沢城公園（人為的攪乱が強い）と金沢市角間丘陵の里山林（比較的安定）を選び、送粉系の基本構造と環境変動に対する応答を比較研究した。本研究では、送粉系を「群集レベル」において定量的把握するために、一定の調査ルート上において「開花した全植物種」とそれらを「訪花した全昆虫種」を対象として、種類相、数量、開花植物と訪花昆虫のリンクの季節変化を3年間（2000~2002）調査した。

（第1部 金沢城公園）①都市中心部の生物多様性に恵まれた孤立緑地であったが、近年大型花壇造成等で強い攪乱を受けた。本研究期間は、花壇造成前後をカバーしており、花壇の影響を解析できた。②在来植物101種、園芸植物68種が開花し、4目20科77種1395個体の昆虫が訪花した。③開花した在来植物の種構成と種数は安定していたが、草本種の一部は、生息地の破壊により個体数が激減した。④植物と昆虫のリンクは毎年変化した。⑤鱗翅目は園芸植物をほとんど訪花しなかったが、大型ハチ類や鱗翅目は園芸植物をよく訪花した。⑥在来植物のうち12種では訪花昆虫の個体数が減少した。そのうち6種は生息地破壊により開花個体数が減少し（直接的影響）、他の6種は訪花昆虫を園芸植物に奪われた（間接的影響）ことが原因であった。

（第2部 角間丘陵の送粉系）⑦開花植物は128種、訪花昆虫は5目42科160種であり、金沢城公園より種数とリンク数が多く、送粉系は複雑であった。特に開花した木本の種数が多く、それらを訪花する甲虫の種数が多かった。角間でも金沢城公園と同様に、植物の開花状況は安定していたが、植物と昆虫のリンクは毎年変化した。

本研究は、北陸低地の送粉系の生態学に関する重要な新知見を多数含んでおり、本委員会は博士（理学）に値すると判断した。