

愛知県豊田市の農作物に対する送粉昆虫の経済的価値

Estimating the economic value of pollinating insects
for crop production in Toyota city, Japan

岸 茂樹

Shigeki KISHI

要 約

生物多様性を基盤とする生態系は人間社会にさまざまな利益をもたらしている。その中でも、昆虫類が農作物の送受粉に果たす役割は非常に重要である。しかし昆虫類のそのような役割が人間社会において実際にどの程度の価値があるのかよくわかっていない。そこで本研究では、愛知県豊田市を例に、送粉昆虫が農作物に与える経済的価値を試算した。送粉昆虫がないときに、豊田市内の農作物の生産額がどの程度減少するか計算した結果、減少額は約5億6千万円であった。したがって豊田市において送粉昆虫の経済的価値は毎年少なくとも5億円以上と評価できる。作物別にみると、特産のナシとモモにおいて送粉昆虫の価値が特に高かった。したがって豊田市において送粉昆虫の生態系サービスを持続的に利用するためには、これらの作物の農地周辺において送粉昆虫の生息可能な環境を維持することが求められる。

キーワード：生態系サービス，送粉昆虫，農作物

はじめに

多くの農作物は、ハチなどの昆虫類が花から花へ飛び回りながら花粉を運ぶこと（送粉）によって受粉，結実している。人間社会が生物多様性を基盤とする生態系から利益を享受する仕組みを生態系サービスといい、そのサービスのなかでも野生の昆虫類による農作物の送粉サービスは経済的にも非常に重要な価値がある。たとえばヨーロッパの作物生産量のうち84%が送受粉を昆虫に依存しているという報告（Williams, 1994）や、世界的にみても主要作物のうち70%（87/124品目）が送受粉を昆虫に依存しているという報告がある（Klein et al., 2007）。さらに、近年の研究の結果、ミツバチ*Apis* spp. よりも野生のハナバチ類のほうが農作物の結実率に貢献していることが明らかになった（Galibaldi et al., 2013）。これらのことは、野生の昆虫類が減少、消失すると農作物の生産量も減少することを示している（Biesmeijer et al., 2006）。実際、送粉昆虫は世界的に減少傾向にあるという報告が増えており（Potts et al., 2010）、このまま減少が続くと人間社会にどのような被害があるか懸念されている。

そのため、野生の昆虫類による送粉サービスが、実際にどのくらいの経済的価値があるのか試算した結果が報告されるようになってきた。Gallai et al. (2009) は全世

界の送粉サービスの経済的価値は1530億ユーロ（約18.9兆円）と見積った。これは全世界の作物生産額の9.5%にあたる。この額は、送粉サービスそのものの価値であって、送粉サービスによって人間が省くことができたコストとして計算した場合にはより高額となり、1900億から3100億ユーロ（約23.5兆円から38.3兆円）である。2016年2月にマレーシアで開催された生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学-政策プラットフォーム（Intergovernmental science-policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services: IPBES）第4回総会でこの問題が議論された結果、現在の世界的な作物生産に対する送粉サービスの経済的価値は2350億～5770億ドル（約24兆から60兆円）と結論された（IPBES, 2016）。小沼・大久保（2015）によれば、日本の送粉サービスの経済的価値は2013年で約4700億円であり、日本の耕種農業産出額の8.3%と見積もられている。この4700億円のうち、ミツバチやマルハナバチ以外の野生昆虫類の貢献度は高く、3300億円となっている。

送粉サービスの経済的価値をより小さな地域単位で評価することによって、送粉サービスを保全する手法をより具体的に議論できるようになるだろう。しかし送粉サービスの試算ははまだ国家レベルにとどまっており、地域レベルの試算はほとんど行われていない。そこで本研究では、愛知県豊田市を例に、地方自治体の送粉昆虫

の経済的価値を試算することにした。

方法

豊田市の送粉サービスの経済的価値の計算方法はIPBESが採用したものに倣った。IPBESはGallai et al. (2009) の試算方法を基本的に踏襲して経済的価値を再度算出している。Gallai et al. (2009) の計算結果よりも上限が高額 (60兆円) になっているのは、葉菜類など、出荷時に送粉サービスを必要としない作物でも、種を収穫するために送粉サービスが必要なものがあるからである。Gallai et al. (2009) は経済的価値を算出するために、各主要作物の生産量および送粉サービスへの依存度を求め、それらを各作物ごとにかけ合わせたものを足し合わせることで送粉サービスの経済的価値を算出している。

各作物の送粉サービスへの依存度については、Klein et al. (2007) のデータを援用した。Klein et al. (2007) は、世界で生産されている主要な作物124品目それぞれについて送粉昆虫への依存度を既往研究から探索した。送粉昆虫への依存度は、昆虫が送粉しなかったときに結実率がどの程度低下するかを基準とした。たとえば昆虫が送粉しなかったとき、全く結実しなければ依存度は100%となり、一方昆虫が送粉しなくても風媒や自家受粉等により問題なく結実する場合には依存度は0%となる。Klein et al. (2007) は簡便のために依存度をEssential (不可欠)、Great (高)、Modest (中)、Little (低)、No increase (無) の5段階に分けた。Gallai et al. (2009) はこれらについて一律の依存度を設定した。すなわち不可欠 (0.95)、高 (0.65)、中 (0.25)、低 (0.05)、無 (0.00) である。したがって各農作物の送粉昆虫への依存度はこれらのいずれかの値が割り振られる。

ただし、豊田市の農業を鑑み、いくつかの品目について送粉昆虫への依存度を修正した。キュウリは、Klein et al. (2007) ではGreat (0.65) とされているけれども、日本の品種のほとんどが受粉を必要としない単為結実であることから0.05とした (小沼・大久保 2015)。同様にナスはModest (0.25) が割り振られているけれども、ハウス栽培による生産量が多いことから0.05とした。クリについては相当するものがなかったため、虫媒であること、雌雄異花であることを考慮して、送粉昆虫への依存度を高 (0.65) とした。

豊田市の農作物の生産量は農林水産省が公表している統計情報「わがマチ・わがムラ」を使用した。2016年2月に愛知県豊田市のデータをダウンロードし、農作物部

分のデータのみを抜き出した。収穫量を生産量とした。データは品目に応じて2006年の値と2014年の値が混在していた。スイカ、メロン、インゲンなど、生産はしているものの値がないものについては計算に含めなかった。

次に、生産量を経済的価値に変換するために、農林水産省が公表している統計情報「農産物品目別年次別全国平均販売価格」を使用した。2016年2月にダウンロードしたデータのうち、直近の2014年の販売価格を使用した。生産量にキロ当たり販売価格を掛け、各農産物の生産額とした。

結果

豊田市の農産物の生産額に対する送粉昆虫の経済的価値は559,311,421円となった (表)。一方、農産物生産額の総額は6,830,052,967円となったから、送粉昆虫の経済的価値は生産額全体の8.2%を占めた。各農産物の送粉昆虫の経済的価値は高い順に、ナシ (309,718,933円)、モモ (144,290,640円)、クリ (37,730,940円) などとなった。ナシとモモの二品目は送粉昆虫の経済的価値の81.2%を占めた。

考察

豊田市の農産物に対する送粉昆虫の経済的価値は毎年約5億6千万円と評価された。これは、もし送粉昆虫が絶滅した場合に農産物生産額において少なくともこの額の被害が生じることを意味する。この額は生産総額の8.2%を占め、世界的な平均値 (5-8%) (IPBES 2016) に近い。農林水産省の統計データによれば2007年の豊田市の農業産出額耕種計は78億3千万円である。これには花き類が含まれるため、花き類の産出額13億7千万円を引くと64億6千万円となり、本研究で算出された販売総額68億3千万円に近い。このことは本研究の農産物生産額の試算が妥当であることを示唆する。

IPBESの報告書でも指摘されているように、算出した送粉昆虫の経済的価値は過小評価である (IPBES, 2016)。理由は大きく二つある。一つは市場の広がりの問題である。農産物の生産量が減少した場合、農産物の加工業者や販売業者も間接的に被害を受けるはずで、そのような間接的被害を含めると送粉昆虫の経済的価値はより高額になる。しかしそのような市場規模を評価するのは難しいため、今回の計算には含まれていない。過小評価と判断できるもう一つの理由は、前述したように送

表 豊田市の農産物における送粉昆虫の経済的価値.

品目	年	生産量	価格 (円/kg)	販売額 (円)	依存度	昆虫の価値 (円)
コメ	2014	13400t	315.2	4,223,680,000	0	0
コムギ	2014	2760t	31.1	85,836,000	0	0
ダイズ	2014	775t	163.1	126,376,667	0.25	31,594,167
アズキ	2006	13t	329	4,277,000	0.05	213,850
ラッカセイ	2006	3t	574.3	1,723,000	0.05	86,150
サツマイモ	2006	760t	195.1	148,276,000	0	0
ソバ	2014	3t	255.6	766,667	0.65	498,333
チャ	2006	320t	256.3	82,016,000	0	0
コンニャクイモ	2006	8t	162.4	1,299,200	0	0
ダイコン	2006	1495t	62.4	93,288,000	0	0
ニンジン	2006	359t	91.4	32,812,600	0	0
バレイショ	2006	610t	79.8	48,678,000	0	0
サトイモ	2006	427t	296.1	126,434,700	0	0
ハクサイ	2006	2676t	41.5	111,054,000	0	0
キャベツ	2006	457t	68.1	31,121,700	0	0
ホウレンソウ	2006	388t	386.7	150,039,600	0	0
レタス	2006	70t	130.2	9,114,000	0	0
ネギ	2006	359t	276.6	99,299,400	0	0
タマネギ	2006	260t	99	25,740,000	0	0
キュウリ	2006	340t	259.4	88,196,000	0.05	4,409,800
ナス	2006	655t	297	194,535,000	0.05	9,726,750
トマト	2006	309t	242	74,778,000	0.05	3,738,900
ピーマン	2006	29t	334.6	9,703,400	0.05	485,170
ミカン	2006	3t	179.7	539,100	0.05	26,955
ブドウ	2006	278t	690.8	192,042,400	0	0
ナシ	2006	1760t	270.7	476,490,667	0.65	309,718,933
モモ	2006	618t	359.2	221,985,600	0.65	144,290,640
ウメ	2006	65t	192.3	12,499,500	0.65	8,124,675
カキ	2006	585t	162.9	95,296,500	0.05	4,764,825
クリ	2006	156t	372.1	58,047,600	0.65	37,730,940
キウイフルーツ	2006	12t	342.2	4,106,667	0.95	3,901,333
総額 (円)				6,830,052,967		559,311,421

粉昆虫への依存度が過小に見積もられていることである。たとえばトマトは自家受粉するため依存度は低く設定されているが、マルハナバチ類*Bombus* spp.の訪花によって大きく、形のよい実ができることが知られており、実際にハウス栽培をするときにはマルハナバチの使用が不可欠である (Morandin et al., 2001a, b)。同じナス科であるナスもマルハナバチを使用することで収穫量が増加する (Abak et al., 1995)。同様のことはナス科のピーマンにもいえるだろう。またカキも単為結実する品種があるため依存度が低く設定されているが、豊田市で多く生産されている富有と次郎は受粉することで結実率が大きく上昇する (山田ら, 1987)。したがってこれらの情報を加味すると送粉昆虫の経済的価値はより高額になると予想できる。IPBESは経済的価値の上限を下限の2倍以上に設定していることから、今回の5億6千万円を下限とすると上限は11億円以上と見積もることができる。

豊田市において送粉昆虫の価値が高い作物は、ナシとモモで、総額の8割以上を占めた。多くの果実は送粉昆

虫への依存度が高く、しかも商品価値が高いため、金額ベースでも高くなることが多い (IPBES, 2016)。実際、ナシとモモはともに豊田市の名産であり、いずれも送粉昆虫への依存度が高く、また単価も比較的高い。特にモモは単価が高いため、収穫量に比べて昆虫の経済的価値が高かった。ナシとモモに次いで昆虫の経済的価値の高かったクリも果樹の1つである。本研究では、スイカとメロンは生産量の値がなかったため計算に含まれていない。これらは豊田市でも生産されており、送粉昆虫への依存度も高いことから、計算に含めることで豊田市の昆虫の経済的価値は更に上昇すると考えられる。一方、野菜類に対する送粉昆虫の経済的価値は総じて低かった。ニンジンやダイコンなどの根菜類やハクサイやキャベツなどの葉菜類は収穫までに送粉を必要としないため、生産量が多くても送粉昆虫の経済的価値はないからである。

今回の試算の結果、豊田市における送粉昆虫の経済的価値は約5億6千万円であり、その大半が名産であるナ

シとモモに由来していることがわかった。多くの送粉昆虫は農地周辺の森林や草地から供給されることから (Ricketts, 2004; Taki et al., 2007), 質のよい送粉サービスを持続的に利用するためには、農地周辺の自然環境を適切に維持・管理することが必要である。たとえば豊田市には矢作川本流や支流が流れ、それらの河畔には多様な送粉昆虫が生息している (岸, 2016)。矢作川流域の河畔植生から周辺の農地に送粉昆虫が供給される可能性が高いことから (岸, 2016), 矢作川流域の河畔植生を適切に維持・管理することは、送粉サービスの維持にも貢献すると考えられる。

謝辞

洲崎燈子博士、浜崎健児博士には本研究に有益なコメントを頂いた。深く感謝する。

引用文献

- Abak, K., N. Sari, M. Paksoy, O. Kaftanoglu and H. Yeninar (1995) Efficiency of bumble bees on the yield and quality of eggplant and tomato grown in unheated glasshouses. In International Symposium on Solanacea for Fresh Market 412 (pp. 268–274).
- Biesmeijer, J. C., S. P. M. Roberts, M. Reemer, R. Ohlemüller, M. Edwards, T. Peeters, A. P. Schaffers, S. G. Potts, R. Kleukers, C. D. Thomas, J. Settele, and W. E. Kunin (2006) Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313: 351–354.
- Garibaldi, L. A., I. Steffan-Dewenter, R. Winfree, M. A. Aizen, R. Bommarco, S. A. Cunningham, (著者多数のため中略) and I. Bartomeus (2013) Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339: 1608–1611.
- IPBES (2016) The assessment report on pollinators, pollination and food production: summary for policymakers. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), Bonn, Germany.
- 岸茂樹 (2016) 矢作川の川辺に咲く花を訪れる昆虫たち. *RIO (矢作川研究所季刊誌)*, 198: p.4
- Klein, A. M., B. E. Vaissiere, J. H. Cane, I. Steffan-Dewenter, S. A. Cunningham, C. Kremen and T. Tscharntke (2007) Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. R. Soc. Lond. Ser. B. Biol. Sci.*, 274: 303–313.
- 小沼明弘・大久保悟 (2015) 日本における送粉サービスの価値評価. *日本生態学会誌*, 65: 217–226.
- Morandin, L. A., T. M. Laverty, and P. G. Kevan (2001a) Effect of bumble bee (Hymenoptera: Apidae) pollination intensity on the quality of greenhouse tomatoes. *J. Econ. Entomol.*, 94: 172–179.
- Morandin, L. A., T. M. Laverty and P. G. Kevan (2001b). Bumble bee (Hymenoptera: Apidae) activity and pollination levels in commercial tomato greenhouses. *J. Econ. Entomol.*, 94: 462–467.
- Potts, S. G., J. C. Biesmeijer, C. Kremen, P. Neumann, O. Schweiger and W. E. Kunin (2010) Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trend. Ecol. Evol.*, 25: 345–353.
- Ricketts, T. H. (2004) Tropical forest fragments enhance pollinator activity in nearby coffee crops. *Conserv. Biol.*, 18: 1262–1271.
- Taki, H., P. G. Kevan and J. S. Ascher (2007) Landscape effects of forest loss in a pollination system. *Landscape Ecol.*, 22: 1575–1587.
- Williams, I. H. (1994) The dependences of crop production within the European Union on pollination by honey bees. *Agric. Zool. Rev.* 6: 229–257.
- 山田昌彦・栗原昭夫・角利昭 (1987) カキの結実性の品種間差異とその年次変動. *園芸學會雑誌*, 56: 293–299.

〔 1 : 国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター
茨城県つくば市小野川16-2 〕