

機関番号：13201  
 研究種目：若手研究(B)  
 研究期間：2008～2010  
 課題番号：20770013  
 研究課題名(和文) セイヨウオオマルハナバチの侵入イベントを利用した送粉生態系ネットワークの解明  
 研究課題名(英文) Elucidation of pollination network property by using the invasion event of *Bombus terrestris*  
 研究代表者  
 石井博 (ISHII HIROSHI)  
 富山大学・大学院理工学研究部(理学)・准教授  
 研究者番号：20770013

## 研究成果の概要(和文)：

北海道に侵入したセイヨウオオマルハナバチは森林に侵入していかないことが明らかになり、結果として生育環境軸(景観要素)では、主要な在来マルハナバチと安定的にニッチを分割することがわかった。しかし、森の少ない開けた環境においては、在来マルハナバチとの置き換わりが進んでいる。こうした在来マルハナバチとの置き換わりに加え、マルハナバチの女王蜂に寄生するマルハナバチタマセンチュウの影響により、マルハナバチ群集の種構成やカースト構成が、大きく変化することがわかった。さらに、こうした種構成やカースト構成の違いは、個々のポリネーター個体の、植物種選択や採餌行動(正当訪花・盗蜜訪花)に影響を与えていた。これら一連の結果から、送粉系ネットワークは、様々な種間相互作用の影響を受け、可塑的に、ダイナミックに変化する特性を有していることが示された。

## 研究成果の概要(英文)：

The exotic bumble bee (*Bombus terrestris*) and natives partition their habitat according to landscape factors. However, in open vegetation zone, displacement of the native bees by the invasive bees likely occurred. Such displacement as well as the parasites of Queen bumble bees (*Sphaerularia bombi*) alter the components of pollinator community, which in turn cause changes in visiting plant species and foraging behavior of individual pollinators. Thus, the invasive bee has the potential to alter overall interactions within plant-pollinator systems in open vegetation.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：送粉生態学

科研費の分科・細目：生物学・生態・環境

キーワード：セイヨウマルハナバチ、送粉ネットワーク

## 1. 研究開始当初の背景

北海道では、セイヨウオオマルハナバチの帰化に伴う生態系への影響が懸念されている。

このハチは1991年にトマトの受粉用に日本に導入されて以来、主に北海道で定着し分布を広げているヨーロッパ原産のマルハナバ

チである。

しかしこの外来ハチの生態系への侵入は、生物の侵入や環境の変化に伴う、植物の進化や植物群落の変遷を研究するための特別な機会を提供していると捉えることができる。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、セイヨウオオマルハナバチの侵入というイベントを利用して送粉生態系ネットワークを解明することにある。セイヨウオオマルハナバチの侵入は、在来植物相と在来ポリネーター相の、多対多の種間相互作用によって築かれた複雑なネットワークを改変する。この送粉生態系ネットワークが、再編される過程を観察することで、送粉生態系ネットワーク全体を俯瞰的に紐解く。

## 3. 研究の方法

### <a) 侵入域とニッチの把握>

旭川上川郡にて、外来マルハナバチ・在来マルハナバチ各種の生息域や利用植物種の調査を行った。周囲の景観要素、過去の文献、3年の経年調査をもとに、セイヨウオオマルハナバチが今後どのような地域に侵入していくのか、それに伴う在来マルハナバチ種との競合の程度がどの程度なのか査定した。

### <b) 侵入予測地図の作成>

上記調査 a) で示されたセイヨウオオマルハナバチのニッチや、ボランティアモニターによってもたらされた、過去から現在にかけてのセイヨウオオマルハナバチの侵入地域の情報をもとに、今後北海道にセイヨウオオマルハナバチがどのくらいの速度で、その地域に侵入していくのか、シミュレーションで予測した。

### <c) 送粉ネットワーク再編の観察>

セイヨウオオマルハナバチが侵入することで、送粉ネットワークがどう変化するのかを把握するため、セイヨウオオマルハナバチが侵入した地域と侵入していない地域で、ポリネーター群集の利用植物パターンと、利用植物における訪花行動（正当訪花・盗蜜訪花）を観察した。

### <d) 盗蜜行動の解明>

上記調査 c) の観察の結果、同種・同カーストのマルハナバチであっても、訪花行動（正当訪花・盗蜜訪花）に違いが見られることがしばしば観察された。このような違いは、送粉ネットワークにおいて、植物の繁殖に重要な影響をもたらす。そこで、どのような要因がこうした個体ごとの訪花行動の違いに影響しているのかを「(種間・カースト間の) 個体間競合」「個体サイズ」「学習」の効果に着目して調査を行った。具体的には、種構成やカースト構成の異なる集団間比較、個体サイ

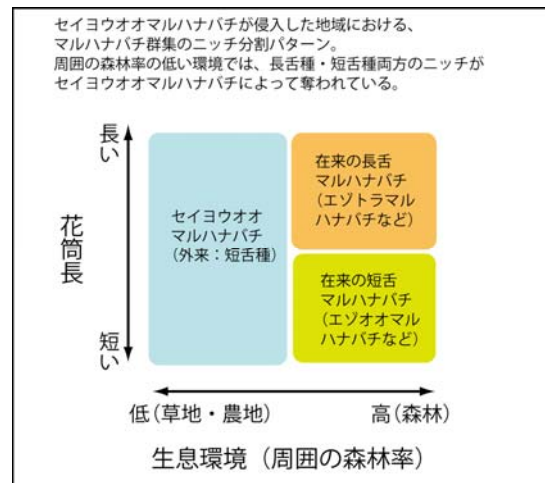
ズに応じた行動の把握、個体追跡調査、個体除去実験を行った。

### <e) 送粉ネットワークに及ぼす寄生虫の影響評価>

上記調査 d) の結果、夏のマルハナバチワーカーの盗蜜行動には、その地域で夏にセイヨウオオマルハナバチの女王が採餌を続けているかどうかが大きく影響していることが明らかになった。本来であれば、越冬女王は春から初夏に営巣し、夏には採餌を行わないにも関わらず、なぜ地域によっては夏まで女王が採餌を続けるのかを明らかにするため、内部寄生虫であるマルハナバチタマセンチュウの影響に着目し、一部の調査区で、その感染率を調査した。

## 4. 研究成果

### <a) 侵入域とニッチの把握>

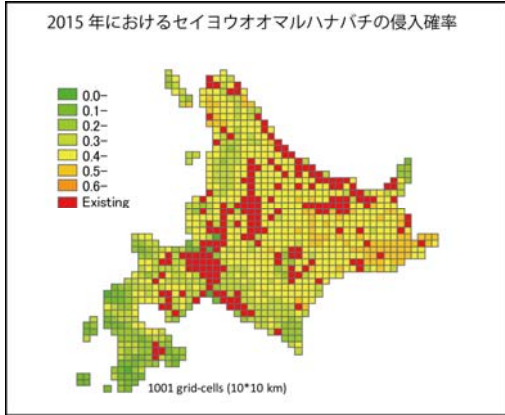


北海道上川郡においては、セイヨウオオマルハナバチの生息域は安定しており、生息範囲の境界は3年間にわたって移動していないことがわかった。こうした結果から、概してセイヨウオオマルハナバチは森林を好まず、開けた環境で優占していることがわかった。ただし、そのような環境では、セイヨウオオマルハナバチが短舌種マルハナバチであるエゾオオマルハナバチとも長舌種マルハナバチであるエゾトラマルハナバチとも競合し、その結果それらの種の衰退をもたらしていることも示された。

また、セイヨウオオマルハナバチが侵入していない森林域においては、在来ポリネーターの短舌種と長舌種が、利用する植物種を使い分けている傾向が強く見られたが、セイヨウオオマルハナバチが侵入した地域においては、これまで在来の短舌種と長舌種が利用していた、花筒長の短い花も長い花も、どちらもセイヨウオオマルハナバチによって優占的に利用されていることもわかった。特に、花筒長の短い花においては、盗蜜訪花が頻繁

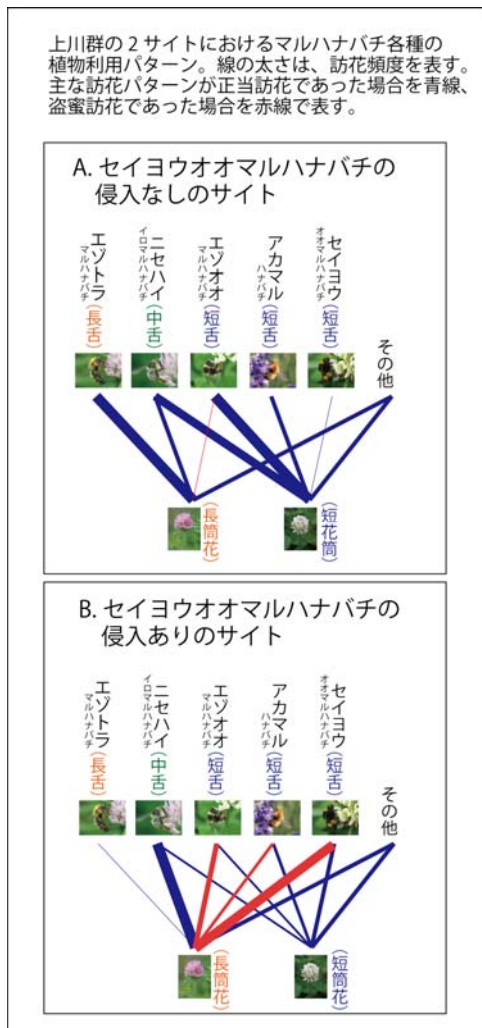
に観察された。つまり、開けた環境においては、短舌種マルハナバチであるセイヨウオオマルハナバチが、長舌種ポリネーターと短舌種ポリネーターの両方のニッチを占有していることが示唆された (図)。

<b) 侵入予測地図の作成>



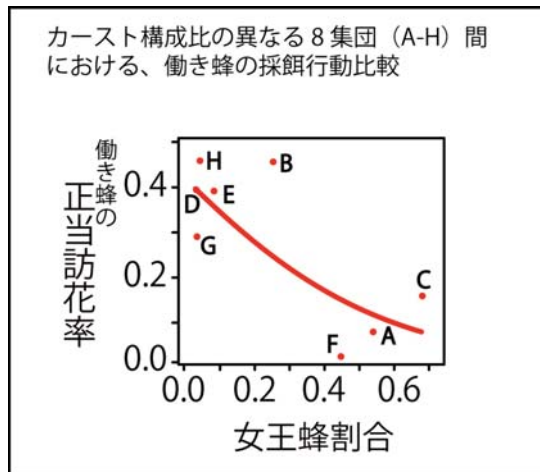
北海道全域では、セイヨウオオマルハナバチは侵入の過渡期にあり、今後、現在の2倍以上の地域に生息域を拡大していくであろうことが示された。特に、帯広以東の地域はこれから顕著な侵入が予想される地域であり、今後注意が必要であることが示された (図)。

<c) 送粉ネットワーク再編の観察>



セイヨウオオマルハナバチが侵入していない地域で、かつ長舌種マルハナバチ (エゾトラマルハナバチ) が多く生息している地域では、概して長舌種ポリネーターと短舌種ポリネーターらが、利用する植物種を使い分ける傾向にあった。また、それぞれの植物種において、こうしたポリネーター達は正当訪花を行っていた。しかし、セイヨウオオマルハナバチが侵入し、地域の代表的な長舌種であるエゾトラマルハナバチが衰退した地域では、中舌種や短舌種を含む多くのポリネーター種が、花蜜の多い、花筒の長い花 (本来であれば長舌種が優占して訪花する) を訪花する傾向があった。しかも、短舌種ポリネーターらは、そうした花で盗蜜を行う傾向にあった。さらにその結果、花筒の短い花 (本来であれば長舌種が優占して訪花する) への訪花頻度が著しく減少していることも明らかになった (図)。この結果は、セイヨウオオマルハナバチというたった一種の外来マルハナバチの侵入が、ネットワーク全体の変革をもたらすことや、ネットワーク構造が、その地域の主組成に応じてダイナミックに再構築されるものであることを示した、非常に稀な成果であると考えている。

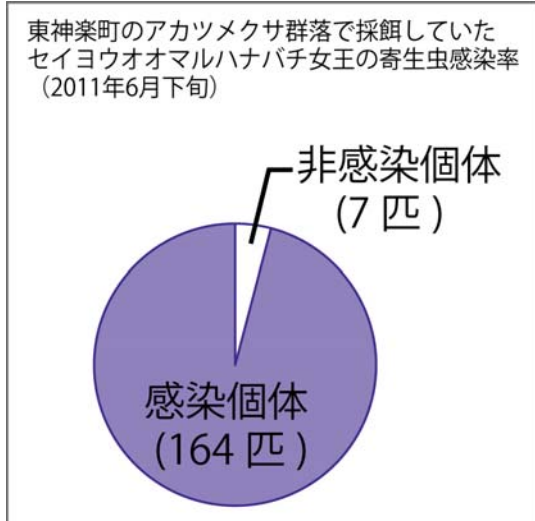
<d) 盗蜜行動の解明>



同種・同カースト内の個体ごとの訪花行動 (正当訪花・盗蜜訪花) の違いが何に起因しているのかは、これまで明らかにされたことがなかった。本研究では、個体ごとのサイズ変異・各個体の学習履歴・個体間競合のすべてが、こうした個体ごとの採餌行動の違いを生み出す要因であることを明らかにした。特に、カースト構成や種構成の違う集団間の比較や、個体除去実験の結果は、個体間競合の影響は顕著であることを示した。こうした結果から、その地域のカースト構成や種構成が、マルハナバチワーカーの採餌行動に大きく影響していることがわかった (図参照)。この成果と上記成果 c) の結果から、各ポリネーター個体の採餌植物種選択や採餌行動は、送

粉群集ネットワークにおける種構成やカー  
スト構成によって、可塑的に変化することや、  
それがネットワークの構造そのものに影響  
を及ぼしうることが示唆された。

<e>送粉ネットワークへの寄生虫の影響>  
夏に女王の割合が他の地域に比べて多かつ



た地域において、セイヨウオオマルハナバチ  
の女王を約 180 頭解剖したところ、96%もの  
女王がこの寄生虫に感染していた。さらに、  
この 180 頭のうち、営巣の証拠とされる花粉  
団子を保有していたのは 2 頭のみだったが、  
この 2 頭は寄生虫に感染していなかった。過  
去の文献から、この寄生虫の感染したマルハ  
ナバチの女王は、卵巣の発達を阻害され、春  
から初夏に営巣をしなくなり、さらに寄主操  
作により、移動分散も抑制されることが示唆  
されている。これらの結果は夏のマルハナバ  
チのカースト構成比に、内部寄生虫であるマ  
ルハナバチタマセンチュウが影響している  
ことが示唆するものである。上記成果 c) 及び  
d) より、送粉群集のカースト構成は、各ポリ  
ネーター個体の採餌植物種選択や訪花行動  
に影響を及ぼすことが示されている。従って、  
この結果は、マルハナバチタマセンチュウと  
いう内部寄生虫の存在が、送粉ネットワーク  
構造にまで影響し、ひいては植物群集構造に  
まで影響する可能性が示唆された。この調査  
は今後も継続予定である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者に  
は下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① Ishii, H.S., Kadoya, T., Kikuchi, R.,  
Suda, S.I., and Washitani, I. (2008)  
Habitat and flower resource  
partitioning by an exotic and three

native bumble bees in central Hokkaido,  
Japan. Biological Conservation, 141,  
2597-2607. (査読あり)

- ② Kadoya, T., Ishii, H.S., Kikuchi, R.,  
Suda, S.I., and Washitani, I. (2009)  
Using monitoring data gathered by  
volunteers to predict the potential  
distribution of the invasive alien  
bumblebee *Bombus terrestris*.  
Biological Conservation, 142, 1011-  
1017. (査読あり)

[学会発表] (計 3 件)

- ① 石井博 (2008) 「景観構造に依存したセイ  
ヨウオオマルハナバチと在来マルハナバ  
チの種間相互作用」 第 24 回個体群生態  
学会シンポジウム：景観構造が決める個  
体群・群集の構造と動態
- ② 角屋絵理・柳沢歩・石井博 (2011) 「マル  
ハナバチの採餌方法 (正当・盗蜜)。はど  
のように決まるのか? : 競争・学習・個  
体サイズがアカツメクサを催事するセイ  
ヨウオオマルハナバチの採餌方法に与え  
る影響」 日本生態学会 (ポスター賞・優  
秀賞受賞)
- ③ 増田光・道野俊介・石井博 (2011) 「マル  
ハナバチの花選好性に及ぼす資視覚度と  
花間距離の影響」 日本生態学会 (ポスタ  
ー賞・優秀賞受賞)

[図書] (計 1 件)

- ① 石井博 (2009) COLUMN セイヨウオオ  
マルハナバチ。「自然と経済から見つめる  
北東アジアの環境」 和田直也、今村弘子  
編著 富山大学出版会, pp. 262.

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.sci.u-toyama.ac.jp/env/ishii/top.html>

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

石井博 (ISHII HIROSHI)

富山大学・大学院理工学研究部 (理学)・准  
教授

研究者番号 : 20770013

(2) 研究分担者 ( )

研究者番号：

(3) 連携研究者 ( )

研究者番号：