

平成 22 年 5 月 19 日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2006～2009
 課題番号：18570014
 研究課題名（和文） 大型果実をめぐるアリと植物の共生関係
 ー特に種子散布とクリーニング行動についてー
 研究課題名（英文） Mutualistic interactions between ants and fruits, with special attention to seed dispersal and seed cleaning
 研究代表者
 大河原 恭祐 (OHKAWARA KYOHSUKE)
 金沢大学・自然システム学系・助教
 研究者番号：70283091

研究成果の概要（和文）：哺乳類・鳥散布植物、約 50 種について、それら果実に対するアリ類の行動を観察したところ、雑食性アリ種による多様な効果が観察された。その効果は果実のサイズや形態的特徴によって異なっており、国内の混交林では小サイズの果実はアリ類に運搬される頻度が高かった。またアリ散布へ果実形態を特殊化させた植物種もいる事が示唆された。一方、ボルネオの熱帯林では大型果実に対するクリーニング行動も高頻度で見られ、特にニクズク科ではその効果は果肉のカビ感染の頻度と大きく関係していた。

研究成果の概要（英文）：In about 50 species of vertebrate-dispersal plants, the effect of ground-dwelling ants on fruits and seeds after dropping was observed in forest of temperate and tropic zone. The effect was strongly dependent on the morphological characteristics in fruits and seeds. In mixed deciduous forest of central Japan, small-sized fruits were frequently removed by ants after dropping on ground. In a few species like *Mallotus japonicus*, it is suggested that the characteristics of fruits are specialized to ant-dispersal. On the other hand, in tropical rainforest of Borneo, ants frequently cleaned fruit pulps on large-sized fruits. Particularly, in plant group of Myristicaceae, the difference of cleaning frequency among species was strongly related with the frequency of infection of fungi to fruits.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,100,000	0	1,100,000
2007 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2008 年度	700,000	210,000	910,000
2009 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
総計	3,500,000	720,000	4,220,000

研究分野：生態学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生態・環境

キーワード：アリ、果実、種子、カビ、共生

1. 研究開始当初の背景

種子散布に代表されるように、アリ類は植物の果実や種子と様々な相互関係を持つことが知られている。それはアリが多くの行動レパートリーを持ち、果実・種子に対する行動も多様であることに起因している。一方で多くの植物はその種子散布を哺乳類や鳥類に依存し、栄養分に富んだ果肉や繊維部を報酬器官として持った大型の果実を発達させてきている。アリはそうした果肉植物の果実にも様々な影響を与え、特に果実が地表に落下した際に、その果実や種子を運搬・散布したり、果肉の捕食を行うことが予備的観察から明らかになっている。また熱帯のような湿潤な環境では、落下した果実はカビや雑菌の感染による果肉の腐敗が起きやすいが、アリに果肉部が除去されることによって、果実や種子の腐敗死が回避されることが報告されている。アリによる大型果実へのこうした行動は異なる形のアリ-植物間の共生関係の存在を示唆している。

2. 研究の目的

アリと大型果実の間には、これまで知られていない共生的関係があることが予測される。そこで哺乳類・鳥散布植物の大型果実へのアリ類の行動を野外で観察し、その効果、特に果実や種子がアリの行動によって何らかの利益を得ているかを検証することを本研究の目的とした。さらにアリの果肉除去行動（クリーニング行動）に着目し、その頻度と、それにより果実や種子がカビ感染による死亡を回避できているかについても観察を行うことにした。

3. 研究の方法

大型果実に対するアリ類の一般的な行動を調べるため、北陸地方を中心とした石川県、福井県、兵庫県の4カ所の落葉樹林で野外観察を行った。各調査地点の鳥散布果樹の植生と果実相の構成を野外センサスによって調べ、さらに各地点で優占的であった20-30種の果樹の果実を林床に配置し、アリの効果とその頻度を記録、植物種間で比較した。アリの効果は、果実運搬、果肉のみ捕食（クリーニング行動）等に分類した。また各種の果実の形態的特徴を比較するため、それらを採集し、実験室に持ち帰って、サイズや果肉重量比などを計測した。さらにアリによる効果が高頻度で見られた数種、アカメガシワ、カラスザンショウ、アケビ等については、室内で飼育しているアリに果実を与え、その行動を

観察する飼育実験や野外で鳥とアリの運搬頻度を観察する操作実験によって、果実に対するアリの効果をさらに詳細に観察した。

またアリと植物の群集構成が多様な環境下での関係を調べるため、ボルネオ島サラワク州のランビル国立公園の低地熱帯林で、アリの果実に対する効果の野外調査を行った。国内の調査と同様に、果実配置実験と果実形態の計測・比較を行った。また成熟果実数が多かったニクヅク科の2種とイチジク科の1種については、直接観察によって樹上での果実食性鳥種による果実の捕食、運搬頻度とそれに伴う果実の落下頻度も同時に観察した。

4. 研究成果

国内の温帯林と熱帯林での調査の結果、それぞれについて以下のような研究成果が得られた。

(1) 温帯林における大型果実に対するアリの効果

アリ類の果実への効果は、植物種と調査地点間で異なっていた。果実配置実験を行った植物種のうち、60-85%の種で、その果実は哺乳類や昆虫類の捕食を受けていた。さらに25-40%の種で果実はアリによって運搬されていた。特に果実の長径が5mm以下の種、アカメガシワ、カラスザンショウ、コマユミ、ムラサキシキブ、クマノミズキ、アケビなどで、アリによる運搬が高頻度で見られた。この運搬行動は主に雑食性のアリ種、ヤマトアシナガアリやアズマオオズアリによって行われていた。しかし、同じ植物種でも、その運搬頻度は地点間で差が見られ、各地点のアリの種類構成によって、その効果は異なると考えられた。また果実繊維部のみを除去するクリーニング行動は国内の調査地では観察されず、そうした行動は果実がアリによって運搬できない大型サイズの種や果肉の性質がアリによって選好される種、さらに大規模な集団採餌を行うようなアリ種が分布しているような地域でないと起きないことが推測された。

また優占種の数種ではアリによる果実運搬を促進するための特徴が見られた。アケビでは果肉の他に種子表面にアリを誘因する器官であるエライオソームが備えられており、種子のみでは運搬頻度が高かったが、果肉が残された場合では運搬頻度はむしろ下がっていた。また室内実験により、その種子はエライオソーム部を食べられた後に巢外へ廃棄されていることが観察された。アケビでは哺乳類や鳥類に果実が捕食され、その後、その排泄物に混ざった種子がアリに再度散

布されることが示唆された。

またカラスザンショウやアカメガシワでは果実運搬頻度が他種と比較して極端に高かったが、これらの種では果肉に該当する器官が油脂分となっており、それはアリを誘因しやすい特徴を持っていると考えられた。室内実験でも、それら果実は油脂部のみを食べられた後に巢外に捨てられていた。この油脂分は本来、鳥散布における散布鳥種への報酬器官であるが、アリに対しても同様の機能があることが示された。

そうした植物種でのアリと鳥の果実運搬の貢献度を調べるため、アカメガシワについて野外実験を行った。金沢市近郊の落葉広葉樹林においてアカメガシワの結実木5本の中から花序を20個選び、それらの成熟果実全てにマークを施し、これら花序のついた枝の下にシートトラップを設置した。3週間後にマーク花序を採集し、残った果実数をカウント、さらにトラップ内に落下した果実数もカウントし、鳥による運搬頻度、落下頻度を算出した。また別途に果実を林床に配置し、アリによる落下果実の運搬頻度も観察した。その結果、果実の落下頻度は60-80%程度で、さらに落下果実の95%はアリによって運搬されていた。この事はアカメガシワの果実に対するアリの運搬の貢献が鳥よりも高いことを示唆しており、鳥散布種でありながら、二次的アリ散布へも特殊化していることが考えられる。

(2) 熱帯雨林における大型果実に対するアリの効果

ボルネオ島サラワク州のランピル国立公園の熱帯林での調査では、さらに多様なアリ類の行動が観察された。2007年から2009年の3年間で、総計25種の植物種について、果実へのアリの効果が配置実験によって調べられた。その結果、9種でアリによる明確な効果が見られ、温帯林で見られた果実の運搬行動以外に選択的種子運搬行動と果肉除去（クリーニング）行動が観察された。これらの行動は特に放浪性種であるヨコヅナアリ属やオオズアリ属によって行われていた。

イチジク科の種では顕著な選択的種子運搬行動が観察された。この種では果実の約70%がゴシキドリなどの果実食性鳥類によって樹上で捕食されていたが、約30%は捕食時に地表へ落下し、そのうち約12%がヨコヅナアリやアシナガアリ、アミメアリによって捕食を受けていた。この果実には1個あたり約300個の種子が含まれていたが、アシナガアリとヨコヅナアリは果実を破壊し、内部の種子のみを運搬していた。多くの種子は破壊した果実の近隣に廃棄されるのが観察されたが、それらはほとんどが未成熟種子（しいな）であり、逆に運び出した種子はアシナガアリ

では100%、ヨコヅナアリでは85%が成熟種子であった。すなわちこれらのアリは果実中の多数の種子から成熟種子のみを選択し、運搬していることが示された。

ニクヅク科の種に対するアリの効果はまた複雑であった。ニクヅク科は東南アジア熱帯では代表的な鳥散布植物種であり、果実は長径が2-8cmと大型で、いずれも種子の周囲に多量の果肉を備えている。今回7種のニクヅク科の種に対して野外観察と実験を行った。そのうち2種について鳥類とアリの果実捕食・運搬の頻度を観察したところ、約80%が樹上で鳥類によって捕食されていた。また鳥によって捕食された果実は吐き出しによって種子のみが地上に捨てられていたが、その種子の多くはネズミ類の捕食も受けていた。また鳥の捕食時に果肉がついたまま落下する果実も多かったが、それらの一部はアリ類のクリーニング行動も受けていた。このようにニクヅク科の果実をめぐるアリ、果実、ネズミ類間に相互関係があることが示唆された。

ニクヅク科ではアリによる果肉除去の頻度は種によって異なっていた。7種のうち、5種ではクリーニング行動が観察され、それらの果実は林床で、ヨコヅナアリやオオズアリによって土をかけられ埋土処理をされた後、働きアリによって果肉を除去されていた。しかし、他2種ではアリによる埋土や果肉除去は観察されなかった。実験的にアリの密度が高い場所やネズミの捕食圧を妨げてもクリーニングは行われなかった。これら非クリーニングの種の果肉は水分を多く含んでいたが、林床ではむしろ果肉が乾燥しやすい特徴を持っていた。逆にクリーニングを受けていた種では果肉が厚く、保湿性が高かった。これらの種の果実をプランターケースに配置し、アリの効果を妨げて1週間放置し、カビ感染と腐敗の頻度を比較したところ、クリーニングを受けた5種ではカビ感染が早かったが、受けていなかった2種の果実は果肉が乾燥し、感染はむしろ低かった。

これらの事は果実のカビ感染の頻度とアリによるクリーニング行動の頻度には関連があることを示してしており、感染しやすい果肉を持った種はアリのクリーニングに依存して感染を回避しているのに対し、果肉の性質によって感染率を下げている種もいることが示唆された。このようにニクヅク科ではアリのクリーニング効果を介した複雑なアリ-果実の相互関係があると考えられる。

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4件）

1. M. Okamoto, & K. Ohkawara, Conditional mating tactics in queen of inquiline ant *Vollenhovia nipponica*, *Ethology, Ecology & Evolution*, 21(2009), 137-146, 査読有
2. Iwanishi, S., S. Shin and K. Ohkawara, Biasing mechanisms of sex investment ratio in the monogynous and monandrous ant *Aphaenogaster smythiesi japonica* Forel, *Ethology, Ecology and Evolution*, 2007(19), 275-289, 査読有
3. Satoh, A., and K. Ohkawara, Dominance hierarchies and aggressive behavior among queens of the inquiline ant *Vollenhovia nipponica*, *Insectes Sociaux* 55(2008), 200-206, 査読有
4. K. Ohkawara, M. Nakayama, A. Satoh, A. Trindl, and J. Heinze, Clonal reproduction and genetic caste differences in a queen-polymorphic ant, *Vollenhovia emeryi*, *Biology Letters* 2(2006), 359-363, 査読有

〔学会発表〕（計1件）

1. 松平有加・大河原恭祐, 排泄分析による渡り鳥の種子散布行動解析, 日本鳥学会2007年度大会, 2007年9月23日, 熊本大学(熊本)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大河原 恭祐 (OHKAWARA KYOHSUKE)
金沢大学・自然システム学系・助教
研究者番号：70283091

(2) 研究分担者

秋野 順治 (AKINO TOSHIHARU)
京都工芸繊維大学・生物科学・准教授
研究者番号：40414875

木下 栄一郎 (KINOSHITA EIICHIRO)
金沢大学・環日本海域環境研究センター・
准教授
研究者番号：70234317