

学 位 論 文 要 旨

氏 名 岸 田 竜

題 目 ヨツボシモンシデムシの繁殖における雄の役割
(The role of males on the reproduction of the burying beetle, *Nicrophorus quadripunctatus* Kraatz (Coleoptera: Silphidae))

亜社会性昆虫において、両親が子の世話をする昆虫はモンシデムシ類、クロツヤムシ類、ナガキクイムシ類、フンチュウ類などの少数の種に限られている。これらの亜社会性昆虫の両親による子の世話が進化してきた究極要因を解明するために、ヨツボシモンシデムシの親の繁殖行動を定量的に調べ、雌雄の繁殖行動への投資の違いから雄親の役割を考察した。

本種の繁殖過程は、資源処理期と給餌期に分けられ、それぞれの時期の雌雄の行動を解析した。資源処理期では、雄による資源処理への投資は雄による給餌に影響するという仮説を検証するために、異なる資源量（大、中および小サイズの鶏肉）を与えた時の雌雄の行動を解析した。

小サイズの鶏肉では、雄の資源処理時間は短く、雄は給餌に参加しなかったが、大サイズの鶏肉では雄が給餌に参加し、雄は雌と同程度の時間を資源処理に費やしていた。中サイズの鶏肉では、雌雄共同給餌と雌単独給餌の両方が生じ、雌雄共同給餌の方が雌単独給餌より資源処理時間は長かった。また、雄の資源処理時間は雄の給餌への参加の決定に影響をおよぼしていた。これらの結果から、雄は資源量に応じて資源処理に費やす時間や資源に滞在する期間を決めており、雄のより長い資源処理時間が雄の給餌への参加の引き金となっている可能性が示唆された。

中サイズの鶏肉では、雌の給餌時間が少ない場合に雄が給餌に参加する傾向がみられ、雄の給餌は、給餌能力の劣る雌を補助する役割を担っていた。

鶏肉を用いたトラップによる腐肉食昆虫類の資源利用に関する野外実験の結果、アリ類は鶏肉設置直後に集中し、その後減少したが、ヨツボシモンシデムシは鶏肉設置後3日目頃から出現した。したがって、アリ類は小型脊椎動物の死体を利用するが、死体の腐敗が進行していない新鮮な時期に限られると考えられ、ヨツボシモンシデムシとは時間的に資源を使い分けていることが判明した。サビハネカクシの出現個体数は少なかったが、ヨツボシモンシデムシと出現時期が重なった。また、モンシデムシ類が出現した3-4日目には、多数のハエの幼虫が鶏肉内にみられた。したがって、サビハネカクシとハエ類の幼虫がヨツボシモンシデムシが遭遇する主要な競争者であることが判明した。

ハエの成虫とサビハネカクシが存在すると、雌雄ともこれらの競争者を排除する行動がみられた。また、競争者が存在することで雄が給餌行動に参加する割合が高くなり、雄の給餌時間が増加した。これらの結果は、雄は競争者を排除するだけでなく、競争者の存在が雄の給餌行動を促進することを示唆している。

以上の結果から、ヨツボシモンシデムシの雄の給餌への参加には、第一に資源量が影響し、次に雌の給餌能力と競争者の存在が影響し、これらの要因が雌雄による子の世話の進化を促進したと考えられる。

学 位 論 文 要 旨

氏 名 Ryu Kishida

題 目 The role of males on the reproduction of the burying beetle, *Nicrophorus quadripunctatus* Kraatz (Coleoptera: Silphidae)
(ヨツボシモンシテムシの繁殖における雄の役割)

To elucidate ultimate factors that have caused in the evolution of the biparental care in the sub-social insects, I examined the reproductive behaviors of the burying beetle, *Nicrophorus quadripunctatus* Kraatz, and clarified the role of males in the elaborate system of biparental care.

The breeding schedule after pair formation is divided into the resource manipulation period and the feeding period. To test the hypothesis that the investment in resource manipulation by males influences the feeding of larvae by males, we investigated parental efforts in the resource manipulation period when large, medium, and small chicken pieces were supplied as resources. On the small resources, the time spent on resource manipulation by males was short, and the males left the resources without feeding the larvae (maternal feeding). On the large resources, the males spent a long time on resource manipulation, and the male participated in the feeding of larvae (biparental feeding). On the medium resources, both the biparental feeding and the maternal feeding were found, and the time spent on resource manipulation by males was longer on the biparental feeding than on the maternal feeding. This suggests that one of the reproductive roles of males in the absence of predators and/or competitors is resource manipulation, and the paternal efforts change depending on resource size. A longer time spent on resource manipulation by males may be a trigger for the males to participate in the feeding of larvae on large resources.

On the medium resources, there appeared a tendency that males participated in the feeding of larvae when the time spent on the feeding by females was short. This suggests that a male assists a female in the feeding, compensating low feeding capacity of the female.

In the field experiments on temporal resource utilization of burying beetles, ants, flies and rove beetles, using chicken meat as baits, *N. quadripunctatus*, ants, adults and larvae of flies, and the rove beetles were frequently attracted to the bait. The ants were attracted to only fresh meat, whereas *N. quadripunctatus* adults, the 3rd instar fly larvae, and the rove beetles appeared on older decaying meat. The results suggest the presence of temporal resource partitioning between *N. quadripunctatus* adults and the ant, and the occurrence of severe competition between *N. quadripunctatus* and flies or rove beetles.

In the laboratory experiments on the reproduction of *N. quadripunctatus* in the presence of competitors, *N. quadripunctatus* adults excluded adults of the fly and the rove beetle. The proportion of *N. quadripunctatus* males that participated in the feeding of larvae was higher and the time spent on the feeding by males was longer in the presence of competitors than in the absence of them. These results suggest that not only the males exclude the competitors, but also the presence of competitors promotes the participation in the feeding by males.

Therefore, it may be considered that larger resources, lower feeding capacity by females, and the presence of competitors mainly trigger off the evolution of biparental care by *N. quadripunctatus*.

学位論文審査結果の要旨

学位申請者 氏名	岸田 竜
審査委員	主査 佐賀 大学 早川 洋一
	副査 佐賀 大学 野間口 眞太郎
	副査 鹿児島 大学 曾根 晃一
	副査 佐賀 大学 渡邊 啓一
	副査 鹿児島 大学 津田 勝男
審査協力者	
題目	ヨツボシモンシデムシの繁殖における雄の役割 (The role of males on the reproduction of the burying beetle, <i>Nicrophorus quadripunctatus</i> Kraatz (Coleoptera: Silphidae))

亜社会性昆虫において、両親が子の世話をする昆虫はモンシデムシ類、クロツヤムシ類、ナガキクイムシ類、フンチュウ類などの少数の種に限られている。これらの亜社会性昆虫の両親による子の世話が進化してきた究極要因を解明するために、ヨツボシモンシデムシの親の繁殖行動を定量的に調べ、雌雄の繁殖への投資の違いから雄親の役割を考察した。

本種の繁殖過程は、資源処理期と給餌期に分けられ、それぞれの時期の雌雄の行動を解析した。

まず、資源処理期では、雄による資源処理への投資は雄による給餌に影響するという仮説を検証するために、異なる資源量（大、中および小サイズの鶏肉）を与えた時の雌雄の行動を解析した。小サイズの鶏肉では、雄の資源処理時間は短く、雄は給餌に参加しなかったが、大サイズの鶏肉では雄が給餌に参加し、雄は雌と同程度の時間を資源処理に費やしていた。中サイズの鶏肉では、雌雄共同給餌と雌単独給餌の両方が生じ、雌雄共同給餌の方が雌単独給餌より雄の資源処理時間は長かった。また、雄の資源処理時間は雄の給餌への参加の決定に影響を及ぼしていた。これらの結果から、雄は資源量に

応じて資源処理に費やす時間や資源に滞在する期間を決めており、雄のより長い資源処理時間が雄の給餌への参加の引き金となっている可能性が示唆された。中サイズの鶏肉では、雌の給餌時間が少ない場合に雄が給餌に参加する傾向がみられ、雄の給餌は、給餌能力の劣る雌を補助する役割を担っていた。

鶏肉を用いたトラップによる腐肉食昆虫類の資源利用に関する野外実験の結果、アリ類は鶏肉設置直後に集中し、その後減少したが、ヨツボシモンシデムシは鶏肉設置後3日目頃から出現した。したがって、アリ類は小型脊椎動物の死体を利用するが、死体の腐敗が進行していない新鮮な時期に限られると考えられ、ヨツボシモンシデムシとは時間的に資源を使い分けていることが判明した。サビハネカクシの出現個体数は少なかったが、ヨツボシモンシデムシと出現時期が重なった。また、モンシデムシ類が出現した3~4日目には、多数のハエの幼虫が鶏肉内にみられた。したがって、サビハネカクシとハエ類の幼虫がヨツボシモンシデムシが遭遇する主要な競争者であることが判明した。

ハエの成虫とサビハネカクシが存在すると、雌雄ともこれらの競争者を排除する行動がみられた。また、競争者が存在することで雄が給餌行動に参加する割合が高くなり、雄の給餌時間が増加した。これらの結果は、雄は競争者を排除するだけでなく、競争者の存在が雄の給餌行動を促進することを示唆している。

以上の結果から、ヨツボシモンシデムシの雄の給餌への参加には、第一に資源量が影響し、次に雌の給餌能力と競争者の存在が影響し、これらの要因が雌雄による子の世話の進化を促進したと考えられる。

以上のように、本研究では、ヨツボシモンシデムシを研究対象とし、彼らが示すユニークな育児過程を生態学的に解析することによって複数の新知見を得た。実質的資源処理・給餌行動を関与する雄成虫の割合は餌資源が10gを超えると有意に高まること、さらに、10gの餌資源条件下でも、ハエやハネカクシ類成虫のような競争者の存在によって一層その割合が増加する観察知見がその例である。こうした一連の研究は、森林土壌の物質循環における重要な初期分解者としての肉食昆虫類の繁殖戦略に新たな知見をもたらすものであり、昆虫の基礎生態学的意義のみならず、健全な森林生態系の維持に大いに資するものである。したがって、審査委員一同は、本論文が博士（農学）の学位論文として十分な価値のあるものと認定した。

最終試験結果の要旨	
学位申請者 氏 名	岸田 竜
審査委員	主査 佐賀 大学 早川 洋一
	副査 佐賀 大学 野間口 眞太郎
	副査 鹿児島 大学 曾根 晃一
	副査 佐賀 大学 渡邊 啓一
	副査 鹿児島 大学 津田 勝男
審査協力者	
実施年月日	平成23年 1月 27日
試験方法 (該当のものを○で囲むこと。) <input type="checkbox"/> 口答・筆答	
<p>主査及び副査は、平成23年1月27日の公開審査会において学位申請者に対して、学位申請論文の内容について説明を求め、関連事項についての試問を行った。具体的には別紙のような質疑応答がなされ、いずれの質問に対しても満足できる回答を得た。</p> <p>以上の結果から、審査委員会は、申請者が博士（農学）の学位を受けるに必要な学力ならびに識見を有すると認めた。</p>	

学位申請者 氏名	岸田 竜
<p>[質問 1] 一連の行動観察結果は概ね一定の傾向を示し、良好な結果をもたらしている。観察は、1日1時間のビデオ撮影を1度行ったという説明であったが、この観察条件はどのように決めたのか。</p> <p>[回答 1] 他の論文では、スキャンサンプリングと言って30秒の間隔でその瞬間の行動を記録するビデオ撮影を複数回行って、数値を平均化する測定例はある。しかし、本研究では、研究開始時に1回1時間のビデオ撮影を1日6回繰り返してその結果を解析したところ、資源処理および給餌行動には、1日のうちの時間帯による差（日周性）がなかったことから、この条件に統一して行った。</p> <p>[質問 2] 餌資源量の増加による雄の給餌行動への関与はどのような情報が寄与していると考えるか。</p> <p>[回答 2] 餌資源量の変化によって雌の給餌行動が変化することはない。さらに、餌資源量が増加すると、両親揃っての給餌によってもその所要時間が増加する。その結果、空腹を訴える幼虫のベギングが始まる。したがって、こうした幼虫のベギング行動が雄の給餌への参加率を上昇させている可能性が高い。</p> <p>[質問 3] 雌の繁殖経験は、その後の繁殖成功に寄与するか。</p> <p>[回答 3] 室内実験で複数回繁殖を経験させた雌と初めて産卵、養育を行う雌を比較すると、明らかに前者の方が効率良く餌資源処理や給餌行動をこなしているように見受けられる。したがって、繁殖経験は成功率を高めるものと予想される。</p> <p>[質問 4] 10g 以上の餌資源時に雄が給餌に参加する割合が高まっているということであるが、雄は雌の行動によって影響を受けているか。</p> <p>[回答 4] 本研究に用いられた雌成虫のサイズは、ほぼ一定である。また、観察によって、雌の一連の繁殖行動自体は餌資源の量的変化に影響を受けないことを確認している。したがって、雌の繁殖行動が雄に影響を及ぼし、雄の繁殖行動が開始されるとは考え難い。</p> <p>[質問 5] 10g の餌資源で何匹の幼虫が飼育されるのか？</p>	

[回答5] おおよそ1gで1匹の幼虫の成長を賄える。したがって、10gの場合、約10匹の幼虫が成虫まで育つことになる。

[質問6] 野外の競争者が同種のヨツボシモンシデムシとなることはないか。

[回答6] 関東以北、例えば、北海道などでの森林におけるヨツボシモンシデムシの個体数は圧倒的に九州よりも多い。したがって、そうした環境下では同種が競争者となることもあり得るものと考えられるが、少なくとも九州における私の観察においては、同種他個体のヨツボシモンシデムシが競争者として行動する場面に遭遇しなかった。

[質問7] 雄の代わりに他の雌成虫を加えた場合、その雌は給餌に参加するか。

[回答7] 人為的に後で入れた雌成虫は、元からいた雌により排除されるため、給餌に参加することはない。

[質問8] 外から人為的にサビハネカクシを入れた場合の雌成虫の給餌時間は、入れない場合と比較して有意な差はないということであったが、グラフを見ると処理後1日目、2日目は有意に高まっているように見える。これはどのように考えるか。

[回答8] 今回の統計処理は経時変化を比較する条件で行い有意な結果が得られなかった。しかし、経過日数毎にコントロール区と処理区を比較する為の統計処理をすれば、恐らく、御指摘のように有意な差が現れる可能性はあるものと思う。

[質問9] 雌雄共同で繁殖行動をしているペアから人為的に雄成虫を引き離した場合、残った雌成虫は雄の分までよく繁殖行動をするようになるか。

[回答9] 雌成虫は雄がいようとまいと、同様に繁殖行動をこなしており、雄の存在の有無にはほとんど影響を受けない。