

# 論文内容要旨（和文）

平成 23 年度入学 大学院博士後期課程

地球共生圏科学専攻 生物学 分野

氏 名 白 亮 吉



論 文 題 目 ウメマツオオアリ亜属の多女王制と温度適応

包括適応度理論は、自己犠牲を払って他者に利益を与える利他行動が、血縁者に対するものであれば進化しやすいことを示した。真社会性膜翅目は、コロニー内の血縁度が高く維持されやすい単女王制が祖先型だと推定されているが、様々な系統で多女王制が独立に進化している。多女王制の進化を促す要因の1つとして、寒冷環境への適応が挙げられる。寒冷な環境ほど、多女王型が多く分布する傾向が複数の系統にみられる。寒冷環境で低下する女王の生存率が、多女王コロニーで緩和されている可能性が示唆されるが、その詳細は不明である。

日本産ウメマツオオアリ亜属(*Myrmamblys*)のヤマヨツボシオオアリは、多くの生態学的、形態的特徴を共有するナワヨツボシオオアリ(*C. nawai*)と長く同一種として記載されていた。しかし、ナワヨツボシオオアリはコロニーに1頭の女王しかいない絶対的単女王なのに対し、ヤマヨツボシオオアリは65%のコロニーに複数の機能的女王が共存する条件的多女王であることが判明した。また、ヤマヨツボシオオアリはナワヨツボシオオアリよりも高緯度に、緯度が同じ場合はより高地に生息している。繁殖形式も大きく異なり、ナワヨツボシオオアリは、新女王が夏に母巢から離れ非血縁者と交尾し、単独で最初の越冬を終えた後、ワーカーを生産してコロニーを創設する。一方、ヤマヨツボシオオアリの新女王は夏に生産されるが、母巢を離れず越冬し、春に巢内で血縁のオスと交尾する。新たにコロニーが創られる場合も、女王がワーカーを伴って分巢する。この生活史の違いは、両種の越冬生存率に大きく影響する可能性がある。加えて、両種の間中間的な特徴を示す近縁種に、ウメマツオオアリ(*C. vitiosus*)がある。ウメマツオオアリも8%のコロニーが多女王で、多女王コロニーの86%が非血縁だと推定されている。分布の北限はヤマヨツボシオオアリとナワヨツボシオオアリの中間だが、南限はナワヨツボシオオアリとほぼ同様である。以上に挙げたウメマツオオアリ亜属3種では、多女王コロニーの頻度が多い種ほど寒冷な地域に生息する傾向がある。しかし、各種の女王数や越冬様式が寒冷適応にどのように影響するのかは明らかになっていない。また、種間干渉が側所的分布に与える影響も検証されていない。

そこで本論文では、様々な条件下の生存率や種間干渉を、ナワヨツボシオオアリとウメマツオオアリとヤマヨツボシオオアリの3種で比較した。低温条件下の生存率は野外分布と一致し、北方に生息するヤマヨツボシオオアリの方が、南方性のナワヨツボシオオアリより有意に高く、北限が中間に位置するウメマツオオアリは生存率も中間の値を示した。ウメマツオオアリでは2女王を対にすることで、女王が単独の場合より越冬生存率が向上した。しかし、ヤマヨツボシオオアリでは女王数の効果は見られないものの、ワーカーとの共存が越冬生存率を大きく向上させることが確認された。これらの結果は、単女王でワーカーを生産する前に越冬することが、ナワヨツボシオオアリの分布を南方に制限することを示唆する。一方で、ウメマツオオアリは少数のコロニーが

多雌創設することで北限を新潟と北関東に広げ、ヤマヨツボシオオアリは新女王が巣に居残りコロニーの大半が多女王化することで、分布を岩手まで広げたと考えられる。

温暖条件(25°C一定)と高温条件(明条件30°C14時間, 暗条件22.7°C10時間)では、ワーカーの生存率に種間差はなく、女王の生存率が南方に生息するナワヨツボシオオアリで最も低いことが分った。そのため、高温障害がヤマヨツボシオオアリの南下を制限している可能性は否定された。一方、限られた巣場所をめぐる干渉型の競争では、体サイズに勝るナワヨツボシオオアリが、一方的にヤマヨツボシオオアリの巣を乗っ取りやすいことが示唆された。ヤマヨツボシオオアリはウメマツオオアリにも巣を奪われやすいが、その割合は対ナワヨツボシオオアリに比べて低かった。また、ナワヨツボシオオアリとウメマツオオアリの防衛力はほぼ対等だった。これらの結果は、ウメマツオオアリの分布域が他の2種と重複する一方で、ヤマヨツボシオオアリがナワヨツボシオオアリの分布域にみられないことと一致する。

多女王化は血縁度の低下や生活史の変化を伴うため、その適応的意義に関して議論されてきた。本研究は、多女王制の進化に寒冷な環境に対する適応が大きく影響しているだけでなく、適応の手段が近縁な種でも異なることを示し、真社会性昆虫における多女王制の進化を理解する上で重要な知見を提供した。アリ類において多女王制は多くの分類群で独立して進化していて、多女王創設、分巢、成長したコロニーへの女王の受け入れと様々な成立過程が見られる。多女王化による適応的意義に関しては、今後もさらなる研究が必要である。

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成26年2月19日

理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 廣田 忠広 印  
副査 梅山 雅也 印  
副査 リチャード・ジョルダン 印  
副査 \_\_\_\_\_ 印  
副査 \_\_\_\_\_ 印  
副査 \_\_\_\_\_ 印

学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

1. 論文申請者

専攻名 地球共生圏科学専攻  
氏名 白戸 亮吉

2. 論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記する。)

ウメマツオオアリ亜属の多女王制と温度適応

3. 審査年月日

論文審査 平成26年 1月29日 ~ 平成26年 2月17日  
論文公聴会 平成26年 2月17日  
場所 基盤教育棟 136 教室  
最終試験 平成26年 2月17日

4. 学位論文の審査及び最終試験の結果 (「合格」・「不合格」で記入する。)

(1) 学位論文審査 合格  
(2) 最終試験 合格

5. 学位論文の審査結果の要旨 (1,200 字程度)

別紙のとおり

6. 最終試験の結果の要旨

別紙のとおり

## 別紙

専攻名	地球共生圏科学専攻	氏名	白戸 亮吉
学位論文の審査結果の要旨			
<p>本論文は、ウメマツオオアリ亜属の社会構造が、寒冷耐性と地理的分布に与える影響を実験的に検証している。第1章では、未解明であったウメマツオオアリ(以下ウメマツ)の社会構造を、遺伝的解析によって推定している。17の遺伝子座で解析を試み、十分な多型性があった4座位を用いて、ウメマツが女王数やコロニー内血縁度に、大きな多様性があることを示した。第2章では、岩手付近が北限で多女王制のヤマヨツボシオオアリ(以下ヤマヨツ)、群馬付近が北限で多女王制のウメマツ、神奈川付近が北限で絶対的単女王制ナワヨツボシオオアリ(以下ナワヨツ)について、女王の耐寒性を比較した。神奈川付近で最も気温が低い季節を再現した条件で、女王単独での生存率は、ナワヨツよりヤマヨツの方が高く、ウメマツは両種の間値的な値を示した。加えて、ウメマツは複数女王で越冬することで生存率が高まるが、ヤマヨツではその傾向がないことを示した。第3章では、ワーカーがヤマヨツとナワヨツの生存率に与える影響を比較した。両種ともワーカーとの共存で女王の生存率は増加したが、その効果はヤマヨツの方が大きく、ヤマヨツの女王はワーカーとの共存で高い耐寒性を得ることが分った。第4章は、この効果はワーカー数が多いほど高まることが示されている。更に第4章は、ヤマヨツでは女王数が増えても女王の生存率は変化しないが、マイナーワーカーの生存率は高まり、メジャーワーカーの生存率が低下することを示した。5~7章では、ワーカーが女王の耐寒性に与える影響の至近要因を検証したが、ワーカーによる栄養供給は、女王の耐寒性に影響しなかった。また、ワーカーは女王の体温や、巣内の湿度を保持していないことが分った。8章以降は、ヤマヨツがナワヨツの北限以南では高地のみに生息し、ナワヨツが分布する温暖な平地に生息しない要因を検証している。第8章では、ヤマヨツの温暖な条件(25℃)での生存率や耐病性が、他の2種に劣らないことが示されている。第9章でも、高温条件(30℃)でのヤマヨツの生存率が、ナワヨツに劣らないことが示されている。第10章では、巣の防衛能力を3種で比較した。営巣されている巣の周辺に他種を放ち、巣を保持できる割合を測定した。ヤマヨツは、ナワヨツに頻りに巣を奪われるが、ナワヨツの巣を奪う確率は低かった。このように、本論文は新女王が必ず単独で越冬するナワヨツは耐寒性が低く、北限が神奈川付近に限られるが、ウメマツは複数女王と越冬することで北限を群馬付近に広げていると示唆する。更にヤマヨツは、女王が常にワーカーとともに越冬することで高い耐寒性を保持し、北限を岩手付近まで広げられていると考えられる。一方、ヤマヨツは巣をめぐる干渉型の競争に劣るため、ナワヨツの生息域から競争排除されている可能性が示された。</p> <p>申請者は、第3章の内容を動物学の専門誌 <i>Zoological Science</i> (doi: 10.2108/zsj.28.327)に公開している。第4章の内容は、昆虫学の専門誌 <i>Annals of the Entomological Society of America</i>に受理され、公開予定である。それ以外の章も国際専門誌への投稿に堪える内容であり、現在投稿準備中である。</p> <p>本論文は、多女王種が寒冷な地域に多いことを説明する生態的要因について、新たな知見を提供しており、学位論文審査を合格とする水準に達していると判断される。</p>			
最終試験の結果の要旨			
<p>公聴会に際して、動物行動学、社会生物学、進化生態学、昆虫学に関する口頭試問を実施した。その結果、申請者はそれぞれの分野に対して十分に深い知識を有し、いずれの内容について論理的な説明を行った。また、学位論文の内容に直接関わる質疑に対して、的確な回答を行い、当分野を研究する能力を有していると判定された。</p> <p>以上により、最終試験の結果を合格とした。</p>			