

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月 30日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22370008

研究課題名（和文）遺伝子とフェロモンによるシロアリのカスト多型の制御機構の解明

研究課題名（英文）Research on the regulation mechanism of termite caste polymorphism by genes and pheromones.

研究代表者

北出 理 （KITADE Osamu）

茨城大学・理学部・准教授

研究者番号：80302321

研究成果の概要（和文）：

シロアリは社会性昆虫であり、ワーカーやニンフなどの階級をもつ。本研究から、ヤマトシロアリ属のワーカーとニンフの階級分化においては、X染色体上の遺伝子の強い効果と生殖虫が分泌するフェロモンのワーカー誘導効果との相互作用で階級が決まる事が明らかになった。フェロモンの感受性は遺伝的影響を受けることも示された。さらに個体間の攻撃行動が最終的な階級比の調節に重要な役割を果たすと考えられた。

研究成果の概要（英文）：

Termite society contains individuals of different castes. In this research project, we revealed that the caste fate (nymph or worker) of *Reticulitermes* termites was determined by the interactions between an X-linked caste determination gene and a worker-inducing pheromone produced by reproductives. Genetic effects were detected for the sensitivities to the pheromone. Direct aggressive behavior probably has an important role in the caste ratio regulation.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	8,500,000	2,550,000	11,050,000
2011年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2012年度	2,000,000	600,000	2,600,000
年度			
年度			
総計	14,500,000	4,350,000	18,850,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：生態・環境

キーワード：生物社会、カスト決定機構

1. 研究開始当初の背景

社会性昆虫の示す最大の特徴は、集団で生活する個体が、有翅虫・ワーカー・兵アリのような形態や行動の異なる「カスト（階級）」に分かれ、巣（コロニー）の中で繁殖の有無を含む分業を行うことである。シロアリを含む社会性昆虫では、1950年代以降長らく、このようなカスト分化は生殖個体の分泌するフェロモンにより制御されるものと考え

られてきた。しかしながら最近、膜翅目の社会性昆虫で階級分化に遺伝的な相違が影響を与えると考えられる例がいくつか示されてきた。

最近、研究代表者らは、ヤマトシロアリの「ニンフ型幼形生殖虫」と「ワーカー型幼形生殖虫」を用いた交配実験により、この属のシロアリの「ニンフ」と「ワーカー」のカスト決定に遺伝子が強く関与することを見出

した。さらに、交配実験の結果を非常にうまく説明できる遺伝モデルとして、X染色体上の1遺伝子座2対立遺伝子メンデル遺伝モデルを提案した。

ヤマトシロアリでは、卵を生殖虫(王・女王)から隔離して育てると、このX染色体上の階級決定遺伝子座の遺伝子型に従ってニンフ・ワーカーに分化する。しかしながら、研究代表者らは同時に、生殖虫と卵を共存させると、生殖虫は「ニンフ遺伝子型」の子がワーカーに分化するよう誘導することも見出した。すなわち、ヤマトシロアリでは、ニンフとワーカーへの発生運命は、X染色体上の遺伝子座を主とする遺伝的影響と、おそらくフェロモンと思われる親生殖虫の環境的影響の相互作用の結果として決定されると予測される。

また、研究代表者らのグループは、日本産ヤマトシロアリ属の合計4種で上記の遺伝子座の階級分化に対する強い効果を確認した。

2. 研究の目的

本研究課題は、研究代表者らが先に提案したカスト決定の遺伝システムと、その存在を示唆した生殖虫のフェロモンによるワーカー分業の誘導という2つの機構を軸に、シロアリのカスト決定機構の詳細の解明と、フェロモンの分泌部位や作用の特性を行い、その物質の同定を試みることを目的とする。

さらにその結果に、シロアリ類の野外コロニーの繁殖様式の調査と系統関係を加えて考察し、ワーカー階級システムとその進化について解明する。さらにソルジャーの分化時の遺伝子・フェロモンの相互作用についての解析を併せて考察することで、フェロモンの相互作用がいかにシロアリの社会構造を実現しており、その機構がいかなる過程で進化してきたか、を明らかにすることを旨とする。

3. 研究の方法

(1) ムカシシロアリを用いた交配実験とワーカー階級システムの系統学的検討

オーストラリア国で調査と採集を行い、輸入したムカシシロアリの有翅生殖虫を交配させ、ワーカー型生殖虫を分化させた後、両者を使って交配実験を行った。また *Schedorhinotermes* 属を中心にミトコンドリア遺伝子の配列決定を行った。

(2) ワーカー分化誘導フェロモンに関する実験

① 揮発性女王物質を用いたバイオアッセイ

近年報告された女王物質(女王分化抑制物質)にワーカー分化を誘導する効果があるか確認するため、「ニンフ遺伝子型」卵を導入したコロニーにこの物質を滴下し、ワーカー分化の誘導がおこるかを確認した。

② 生殖虫抽出物を用いたバイオアッセイ

ヤマトシロアリの有翅生殖虫を群飛直前に採集し、約600巣を人工的に創設させる。王と女王各150個体分の頭胸部、腹部、消化管のホモジェネートよりヘキサソールとメタノール中で抽出した抽出物を得る。これを「ニンフ遺伝子型」卵を導入したコロニーにこ

の物質を滴下し、ワーカー分化の誘導がおこるかを確認した。

③ 行動観察実験

王・女王・ワーカー・若齢幼虫からなる初期コロニーの行動観察をビデオ撮影を用いて行い、カスト間の栄養交換行動の方向性と特性を調査した。

④ フェロモン感受性の解析と同定の試み

SPME法により王・女王のチャンバー内の気体試料を分析し、生殖虫由来物質の検出を試みた。また、フェロモン物質の解析のため、EADによる触角を用いた検出系の確立を行った。さらに女王物質・道しるべフェロモンについてEADによる反応の解析を行った。

⑤ フェロモンの感受性における遺伝的変異の存在の確認

ワーカー分化フェロモンへの感受性の強さが、遺伝的影響を受けるかどうかを明らかにするために、親が由来するコロニーが異なる「ニンフ遺伝子型卵」を生殖虫と共に育て、幼虫のワーカーへの分化率を調べた。さらに、ヤマトシロアリ有翅生殖虫を用い、「ワーカー遺伝子型」の子を生産する雌雄ペアと、「ニンフ遺伝子型の子を生産する」雌雄ペアにコロニーを創設させ、生まれる子がワーカーとニンフに分化する割合と、さらに幼形生殖虫に分化する割合を調べた。

(3) ヤマトシロアリ属の遺伝構造と階級比・性比・階級決定機構との関連

① ヤマトシロアリ

九州から北海道南部に至る16個体群でヤマトシロアリコロニーを採集してワーカーと有翅虫(終齢ニンフ)の性比を調べ、遺伝システムとの関連を調べた。さらに、生殖中枢が採集された野外巣における生殖虫のタイプと数の調査を行い、一部の巣については全生殖虫とニンフ・ワーカーのマイクロサテライト遺伝子解析から繁殖様式を推定する。さらに人為的に創設させた単為生殖コロニーで生殖虫がカスト分化に与える影響を解析した。

② ヤエヤマシロアリ

沖縄県西表島で野外調査を行い、ヤエヤマシロアリの野外コロニーを採集調査し、マイクロサテライト5遺伝子座の遺伝子型とコロニーの階級比・性比を調査した。これらを総合し、営巣様式と繁殖様式を推定した。

③ *Parrhinotermes queenslandicus*

オーストラリア国で野外調査を行い、本種の野外コロニーを採集して、生殖虫組成・カスト比・性比を調査した。またマイクロサテライトマーカーの開発を行い、営巣様式と繁殖様式を推定した。

④ オオシロアリ

鹿児島県奄美大島および徳之島で野外調査を行い、本種の野外コロニーを採集して、生殖虫組成・カスト比・性比を調査する。またマイクロサテライトマーカーを利用し、野外調査結果とあわせて営巣様式と繁殖様式を推定し

た。

(4) ソルジャー分化機構と JH との関連

ソルジャーの分化における至近的機構を探り、これをワーカー分化と対比して考察するため、ヤマトシロアリを主たる材料に、ソルジャー分化時の JH 量の経時的測定と、その際のソルジャー特異的な遺伝子の発現の解析を行った。

4. 研究成果

(1) ムカシシロアリを用いた交配実験とワーカー階級システムの系統学的検討

有翅・ワーカー型生殖虫を用いた 2 通りの組合せの交配に成功し、3 齢に育った幼虫を約 20 個体ずつ得た。これらは全てワーカーに分化し、交配による遺伝的影響は検出されなかった。また、*Schedorhinotermes* 属の種について配列決定を行った結果をあわせた、ミゾガシラシロアリ科の系統関係を再検討した。

(2) ワーカー分化誘導フェロモンに関する実験

①揮発性女王物質を用いたバイオアッセイ
ヤマトシロアリの「ニンフ遺伝子型」卵を用いて、近年報告された揮発性女王物質をその飼育コロニーに滴下する飼育アッセイ実験を行った結果、女王物質はニンフ遺伝子型の子をワーカーに誘導する効果を全く示さなかった。

②生殖虫抽出物を用いたバイオアッセイ
ヤマトシロアリの有翅生殖虫を用いて、約 600 巣を人工的に創設させる事に成功した。さらに、一次生殖虫（王・女王）からヘキサノールとメタノールで抽出した物質は、低い割合ではあるがワーカー分化を誘導した。溶媒だけの対照区では分化は全く誘導されなかった。抽出物による誘導が生じた比率は卵の親により大きく異なり、フェロモンへの感受性には遺伝的影響が大きいと考えられた。抽出部位による誘導の強さの違いは明確ではなかった。

③行動観察実験

一次生殖虫・ワーカー・幼虫からなる実験コロニーの栄養交換行動の頻度を明らかにし、生殖虫の体表と消化管内に存在する物質が幼虫へ伝達される際の主要経路を推定した。

④フェロモン感受性の解析と物質同定の試み

ワーカー化フェロモン物質の解析のため、本研究で検討した SPME による方法では、特に顕著な女王由来物質の検出を行えなかった。また、本種の女王フェロモンと、道しるべフェロモン類似物質に対し、ヤマトシロアリとイエシロアリの各階級の示す反応閾値の違いを EAD（触角電位の測定）により検討した結果、ヤマトのワーカーは女王フェロモンに対し、道しるべフェロモンより高い反応性を示した。若齢幼虫では反応は得られなかった。一方、イエシロアリのワーカーは、ヤマトシロアリの女王フェロモン 2 種にも反応したが、反応性は、道しるべ物質や忌避物質より低かった。

⑤フェロモン感受性への遺伝的効果の解析

ワーカー化フェロモンへの感受性には、個体の親が由来するコロニーの違いが有意な影響を及ぼす事が示され、感受性の強さに遺伝的要因が働いていることを明らかにした。また、ヤマトシロアリ有翅生殖虫が単為生殖で生んだ「ニンフ遺伝子型」の卵は、有性生殖で生まれた「ワーカー遺伝子型」の卵に比べて有意に高い割合でニンフに分化し、さらに高率でニンフ型生殖虫に分化することを示した。

(3) シロアリ類の野外の遺伝構造・階級比・性比と階級決定機構との関連

①ヤマトシロアリ

16 個体群 137 巣の性比調査の結果、性比の偏りはワーカーではほぼなく、有翅生殖虫は北方個体群ほどメスに偏り、巣間でも大きくばらつくことが示された。有翅生殖虫性比にはミトコンドリア遺伝子の系統関係との対応はなく、緯度との対応がみられた。

ヤマトシロアリ野外巣のマイクロサテライト遺伝子解析を行った結果、AQS 繁殖様式が確認されたが、約半数の巣では同時にコロニー融合が示唆されるなど、繁殖様式が多様であることが示された。新有翅虫の 10% が単為生殖で生産されていた。

人為的に創設させた単為生殖コロニーの遺伝子型解析から、一方の雌生殖虫が偏ってニンフを生産していることが示された。

②ヤエヤマシロアリ

西表島で採集したヤエヤマシロアリの 34 の野外コロニーで、マイクロサテライト 5 遺伝子座とコロニーの階級比・性比を調査した。ワーカー型生殖虫による繁殖が示されるとともに、近親交配を行っているコロニーではニンフの性比が偏る傾向がみられた。

③ *Parrhinotermes queenslandicus*

オーストラリア国 Queensland 州で野外調査を行い、野外コロニーで生殖虫不在の巣が存在すること、生殖虫には有翅生殖虫とメスのワーカー型生殖虫が存在することを明らかにした。マイクロサテライトマーカーをパイロシークエンサーを利用して作製し、これを一部のコロニーの遺伝構造の解明に適用した結果、本種が多巣性であることが裏付けられた。

④オオシロアリ

オオシロアリの野外巣を南西諸島で調査した結果、カスト構成から多巣性であることが示された。生殖虫は無翅型幼形生殖虫で性比はメスに偏り、ソルジャーの性比は全巣でオスに偏った。カスト構成・性比・遺伝子型・共生原生生物組成の調査から、本種は近親交配を行っており、一般のオオシロアリ科と異なって多巣性であることが明らかになった。

(4) ソルジャー分化機構との関連

ヤマトシロアリのソルジャーが、新規ソルジャーの分化を調節する機構に関する解

析を行い、新ソルジャー分化が抑制される際、ワーカーの JH 量が有意に減少することを示した。ヤマトシロアリ、タカサゴシロアリ、ネバダオオシロアリのソルジャー分化において、JH 量の変動に伴う兵隊特異的な遺伝子の働きを明らかにした。

ムカシシロアリ属、*Parrhinotermes* 属とともにヤマトシロアリ型の遺伝的ワーカー決定システムの存在が交配実験で検出されなかったことと、シロアリ類全体の系統関係を考慮すると、本研究で得られた知見からは、X染色体上の1遺伝子座が強い主効果を与えるような遺伝的ワーカー決定システムは、ヤマトシロアリ属を含むクレードで単独に進化したものと考えられる。現状のデータに基づくと、現在シロアリで見られるワーカーカストは、単独に進化した共通の遺伝的基盤を持つものではなく、むしろ複数回の独立な、もしくは段階的な機構進化により生じたものであると考えられる。このような解析とその結果は本研究ではじめて見いだされたものであり、今後シロアリのカストシステムの進化を研究する上で非常に重要な視点になるものといえる。一方、現在シロアリ類の約90%を占めるシロアリ科の種は、ヤマトシロアリと共通の遺伝システムを持っている可能性が高く、強固な遺伝的基盤をもつワーカーシステムがこの群の繁栄を支えている可能性がある。このグループの中での遺伝的階級決定機構とその変異の解析は今後の重要な研究課題となる。

ヤマトシロアリにおいて、「ニンフ遺伝子型」である幼虫のワーカー分化の誘導が生殖虫の体由来する化学物質（フェロモン）によって引き起こされることが本研究ではじめて明らかになった。また、フェロモンに対する感受性の強さが、「ワーカー分化に主効果を持つX染色体上の遺伝子座」とは別の、おそらく多数の遺伝子によるポリジーン効果によって有意な影響を受けることが示された。このような制御系は、他の昆虫に見られる体色多型等と共通性の高い遺伝的モデルによって記述できると考えられ、表現型多型現象の進化基盤を考える上で興味深い成果といえる。

同時に、X染色体上のカスト決定遺伝子座は、少なくとも初期コロニーにおいて、生殖虫存在下においてもニンフ遺伝子型の幼虫を高率でニンフに分化させ、さらにこのニンフは幼形生殖虫に分化した後に既存の生殖虫に殺されることが明らかになった。シロアリにおいてコロニー内での直接攻撃が頻繁に行われることと、攻撃によりカスト比の調節が行われる可能性はこれまで注目されておらず、新しい社会性研究の視点である。本研究で明らかになった野外でのカスト比や性比が実現されるには、遺伝子とフェロモンによる制御の他に、最終的な直接攻撃による制御が大きな役割を果たしていると考えられ、この点に着目した新しい研究の方向性が開かれると考えられる。

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 22 件)

- ① Toga K, Saiki R, Maekawa K (2013) Hox gene *Deformed* is likely involved in mandibular regression during presoldier differentiation in the nasute termite *Nasutitermes takasagoensis*. *Journal of Experimental Zoology Part B* (印刷中). 査読有. DOI: 10.1002/jez.b.22512
- ② Ito Y, Harigai A, Nakata N, Hosoya T, Araya K, Oba Y, Ito A, Ohde T, Yaginuma T, Niimi T. (2013). The role of doublesex in the evolution of exaggerated horns in the Japanese rhinoceros beetle. *EMBO Reports*. (印刷中) 査読有. DOI: 10.1038/embor.2013.50.
- ③ Shimada K, Lo N, Kitade O, Wakui A, Maekawa K (2013) Cellulolytic protist numbers rise and fall dramatically in termite queens and kings during colony foundation. *Eukaryotic Cell*, 12: 545-550. 査読有. DOI:10.1128/EC.00286-12
- ④ Kitade O, Hayashi Y, Takatsuto K, Matsumoto T. (2012) Variation and diversity of symbiotic protist composition in the damp-wood termite *Hodotermopsis sjoestedti*. *Jap. J. Protozool.* 45: 29-36. 査読有. <http://protozoology.jp/journal/jjp45/jjp45p29-p36.pdf>
- ⑤ Toga K, Hojo M, Miura T & Maekawa K (2012) Expression and function of a limb-patterning gene *Distal-less* in the soldier-specific morphogenesis in the nasute termite *Nasutitermes takasagoensis*. *Evolution & Development*, 14: 286-295. 査読有. DOI: 10.1111/j.1525-142X.2012.00545.x.
- ⑥ Maekawa K, Nakamura S & Watanabe D (2012) Termite soldier differentiation in incipient colonies is related to the parental proctodeal trophallactic behavior. *Zoological Science*, 29: 213-217. 査読有. DOI: 10.2108/zsj.29.213.
- ⑦ Watanabe D & Maekawa K (2012) Relationships between frontal-gland formation and mandibular modification during JH III-induced presoldier differentiation in the termite *Reticulitermes speratus* (Isoptera: Rhinotermitidae). *Entomological Science*, 15: 56-62. 査読有. DOI: 10.1111/j.1479-8298.2011.00468.x
- ⑧ Saiki R & Maekawa K (2011) Imaginal

- organ development and vitellogenin gene expression changes during the differentiation of nymphoids of the termite *Reticulitermes speratus*. *Sociobiology*, 58: 499-511. 査読有. <http://www.csuchico.edu/biol/Sociobiology/volume/sociobiologyv58n22011.html>
- ⑨ Kitade O, Hoshi M, Odaira S, Asano A, Shimizu M, Hayashi Y, Lo N. (2011) Evidence for genetically influenced caste determination in phylogenetically diverse species of the termite genus *Reticulitermes*. *Biology Letters*, 7: 257-260. 査読有. DOI: 10.1098/rsbl.2010.0856.
- ⑩ Watanabe D, Gotoh H, Miura T, Maekawa K. (2011) Soldier presence suppresses presoldier differentiation through a rapid decrease of JH in the termite *Reticulitermes speratus*. *Journal of Insect Physiology*, 53: 791-795. 査読有. DOI: 10.1016/j.jinsphys.2011.03.005.
- ⑪ Inada K, Kitade O, Morino H (2010) Paternity analysis in an egg-carrying aquatic insect *Appasus major* (Hemiptera: Belostomatidae) using microsatellite markers. *Entomological Science*, 14: 43-48. 査読有. DOI: 10.1111/j.1479-8298.2010.00420.x
- ⑫ Ishitani K, Maekawa K (2010) Ovarian development of female-female pairs in the termite *Reticulitermes speratus*. *Journal of Insect Science*. 査読有. DOI: 10.1673/031.010.19401.
- ⑬ Watanabe D, Shirasaki I, Maekawa K (2010) Effects of juvenile hormone III on morphogenetic changes during a molt from each nymphal instar in the termite *Reticulitermes speratus* (Isoptera : Rhinotermitidae). *Applied Entomology and Zoology*, 45: 377-386. 査読有. DOI: 10.1303/aez.2010.377
- ⑭ Araya K, Murai Y. (2010) Description of the second species of the genus *Chewlucanus* Ikeda et Katsura. (Coleoptera, Lucanidae) from Sarawak, Malaysia in Borneo. *Entomological Review of Japan*, 65. 375-383 (2010) 査読有. <http://ci.nii.ac.jp/naid/10027844741>
- ⑮ 山本幸一, 大村和香子 (2010) 樹木の腐朽とシロアリの関与. しろあり 154. 154-154 査読無. <http://www.hakutaikyo.or.jp/shiroari/154>
- ⑯ 大村和香子 (2010) シロアリにおけるテルペン類の役割. 月刊ファインケミカル 40. 29-33, 査読無. <http://ci.nii.ac.jp/naid/40018763478>
- [学会発表] (計 50 件)
- ① 北出理, 中川和樹, 熊谷望「ヤマトシロアリ幼虫のワーカー分化に対する生殖虫抽出物の効果」、第 57 回日本応用動物昆虫学会、2013. 3. 28-29. 日本大学 (藤沢)
- ② 高津戸香, 北出理「ヤマトシロアリの有性・単為生殖初期コロニーにおけるニンフと生殖虫の生産」、第 57 回日本応用動物昆虫学会、2013. 3. 28-29. 日本大学 (藤沢)
- ③ 齊木亮太, 前川清人「ヤマトシロアリの幼形生殖虫の分化過程におけるJH関連遺伝子の発現解析」、第 57 回日本応用動物昆虫学会、2013. 3. 28-29. 日本大学 (藤沢)
- ④ 梅浩平, 前川清人「シロアリ兵隊の武器形成におけるホルモン伝達因子及びHox遺伝子の役割」、第 57 回日本応用動物昆虫学会、2013. 3. 28-29. 日本大学 (藤沢)
- ⑤ Watanabe D, Miura T, Maekawa K. Social interactions and gene expressions involved in the soldier differentiation of a termite *Reticulitermes speratus*. 24th International Congress of Entomology. 2012. 8. 19-25. (Daegu, South Korea).
- ⑥ Saiki R, Maekawa K. Juvenile hormone titer and JH signaling gene expressions during differentiation of neotenic reproductives in the termite *Reticulitermes speratus*. 24th International Congress of Entomology. 2012. 8. 19-25. (Daegu, South Korea).
- ⑦ 北出理「オオシロアリ野外巣のカスト組成・性比と共生原生生物組成」、第 56 回日本応用動物昆虫学会大会、2012. 3. 29. 近畿大学 (奈良)
- ⑧ 齊木亮太, 前川清人「ヤマトシロアリの幼形生殖虫分化における幼若ホルモンの役割」、第 56 回日本応用動物昆虫学会大会、2012. 3. 29. 近畿大学 (奈良)
- ⑨ 前川清人, 矢口甫, 佐々木謙「ネバダオオシロアリの初期巣で兵隊分化を引き起こす要因」、2012. 3. 29. 近畿大学 (奈良)
- ⑩ 諸岡史哉, 北出理「ヤマトシロアリの野外コロニー内の血縁構造」、日本生態学会第 59 回大会・第 5 回東アジア生態学会連合大会、2012. 3. 19. 龍谷大学 (大津)
- ⑪ 諸岡史哉, 北出理, 中川和樹, 滋田友恒, 石原道博, 吉村美穂, 前川清人「ヤマトシロアリ *Reticulitermes speratus* の有翅虫の性比と体サイズの地理的変異」、日本生態学会第 59 回大会・第 5 回東アジア生態学会連合大会、2012. 3. 19. 龍谷大学 (大津)
- ⑫ 中川和樹, 吉村美穂, 前川清人, 大村和香子, 北出理「ヤマトシロアリのワーカー分化に女王フェロモンと生殖虫抽出物が与える影響」日本生態学会第 59 回大会・第 5 回東アジア生態学会連合大会、2012. 3. 19. 龍谷大学 (大津)

- ⑬高津戸香, 林良信, 北出理「オオシロアリ野外コロニーのカスト構成と性比」、日本生態学会第59回大会・第5回東アジア生態学会連合大会、2012. 3. 19. 龍谷大学 (大津)
- ⑭吉村美穂, 北出理, 前川清人「ヤマトシロアリの雌有翅虫ペアによる創設コロニーのカスト分化機構の解析」日本生態学会第59回大会・第5回東アジア生態学会連合大会、2012. 3. 19. 龍谷大学 (大津)
- ⑮前川清人「シロアリにおける社会構造の調節機構」、第82回日本動物学会、2011. 9. 22. 大雪クリスタルホール (旭川)
- ⑯大村和香子, 伊藤優子, 桃原郁夫, 加藤厚「アメリカカンザイシロアリの糞分析」第61回日本木材学会、2011. 3. 18. 京都大学 (京都)
- ⑰諸岡史哉, 北出理「ヤマトシロアリにおける有翅虫性比の地理的な変異」、第58回日本生態学会、2011. 3. 11. 札幌コンベンションセンター (札幌)
- ⑱星真大, 北出理「ヤエヤマシロアリ野外コロニーの生殖虫組成の違いとカスト比・性比・遺伝構造」第58回日本生態学会、2011. 3. 11. 札幌コンベンションセンター (札幌)
- ⑲滋田友恒, 諸岡史哉, 北出理「ヤマトシロアリ創設メスの母巢の違いがニンフ生産に与える影響」第58回日本生態学会、2011. 3. 11. 札幌コンベンションセンター (札幌)
- ⑳吉村美穂, 齊木亮太, 前川清人「ヤマトシロアリの2雌による創設コロニーでの女王数とカスト分化との関係」第58回日本生態学会、2011. 3. 11. 札幌コンベンションセンター (札幌)
- ㉑北出理, 権田まり子「ヤマトシロアリの攻撃行動における雌雄差」第58回日本生態学会、2011. 3. 10. 札幌コンベンションセンター (札幌)
- ㉒Kitade O, Kanda H. Caste production in orphaned incipient colonies of *Reticulitermes*: its relation to genetic system and parthenogenesis. 第16回国際社会性昆虫学会議. 2010. 8. 10. (Copenhagen, Denmark)
- ㉓Hayashi Y, Miyata H, Miura T, Kitade O. Worker-caste differentiation induced by parents in the subterranean termite *Reticulitermes speratus*. 第16回国際社会性昆虫学会議. 2010. 8. 10. (Copenhagen, Denmark)
- ㉔Maekawa K, Yoshimura M, Shimada K, Watanabe D, Saiki R. Caste differentiation in female-female colonies of the termite *Reticulitermes speratus* (Rhinotermitidae). 第16回国際社会性昆虫学会議. 2010. 8. 10. (Copenhagen, Denmark)

- ㉕Watanabe D, Maekawa K. Termite soldiers are responsible for the regulation of presoldier molt by rapid JH-decreasing effects in the colony. 第16回国際社会性昆虫学会議. 2010. 8. 10. (Copenhagen, Denmark)

[図書] (計5件)

- ①北出理, 海青社、「ヤマトシロアリ属のコロニーと遺伝構造」(吉村剛他編「シロアリの事典」)、2012、pp. 181-189.
- ②北出理, 海青社、「ヤマトシロアリ属の幼形生殖虫の分化と生殖虫によるカスト分化の抑制」(吉村剛他編「シロアリの事典」)、2012、pp. 206-214.
- ③林良信, 北出理, 海青社、「ヤマトシロアリのカストとその決定要因」(吉村剛他編「シロアリの事典」)、2012、pp. 202-205.
- ④前川清人, 海青社、「ヤマトシロアリにおけるカスト分化の制御機構」(吉村剛他編「シロアリの事典」)、2012、pp. 163-172.
- ⑤大村和香子, 海青社、「シロアリの食物認識と摂食行動」(吉村剛他編「シロアリの事典」)、2012、pp. 225-231.

[産業財産権]

- 出願状況 (計0件)
○取得状況 (計0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

北出理 (KITADE OSAMU)
茨城大学・理学部・准教授
研究者番号: 80302321

(2) 研究分担者

大村和香子 (OOMURA WAKAKO)
独立行政法人森林総合研究所・
木質改善研究領域・主任研究員
研究者番号: 00343806

荒谷邦雄 (ARAYA KUNIO)
九州大学・比較社会文化研究科 (研究院)・
教授
研究者番号: 10263138

前川清人 (MAEKAWA KIYOTO)
富山大学・理工学研究部・准教授
研究者番号: 20345557