

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 23 日現在

機関番号：32658

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24405027

研究課題名(和文) アフリカにおける長距離移動性害虫の生理・生態学的特性と管理技術

研究課題名(英文) Physiological and Ecological Traits of Long-Distance Migratory Insect Pests in Africa

研究代表者

足達 太郎 (ADATI, TARO)

東京農業大学・国際食料情報学部・教授

研究者番号：50385506

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：アフリカで農業上問題となっている長距離移動性害虫の生理・生態学的特性を解明し、害虫管理に活用するため、現地調査と室内実験をおこなった。北アフリカのサバクトビバッタでは、天敵を回避するためにシェルターとして利用する植物の種類や利用様式が、群生相と孤独相のあいだでことなっていた。また、個体群の密度と雌卵巣内における卵のサイズとのあいだには密接な関係があった。西アフリカのマメノメイガについては、南部湿潤サバンナ地帯で周年発生する個体群が、雨季に北部乾燥サバンナ地帯へ長距離移動していることがあきらかとなった。また、生息地における本種の繁殖には、野生寄主植物の存在が不可欠であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：To clarify physiological and ecological traits of long-distance migratory agricultural insect pests in Africa, field surveys and laboratory experiments were conducted in Mauritania, Nigeria and Benin. In North Africa, the desert locust, *Schistocerca gregaria*, had different strategies in shelter plant selection for escaping from natural enemies between gregarious and solitary phases. There was a significant correlation between the size of eggs in the female ovary and the population density of the locusts. In West Africa, the legume pod borer, *Maruca vitrata*, migrated from the southern humid-savanna zone, where the pest incidence is all year round, to the northern dry-savanna zone in the rainy season. Wild alternative host plants seemed to be necessary for the borer's reproduction in their habitat.

研究分野：熱帯作物保護学・応用昆虫学

キーワード：国際研究者交流 モーリタニア・ナイジェリア・ベナン *Schistocerca gregaria* *Maruca vitrata* 長距離移動 相変異 寄主植物 繁殖

1. 研究開始当初の背景

近年アフリカでは、旱魃や大雨などの気象災害による作物被害が深刻化しており、被害額は年間 2000 億ドルにのぼると試算される (Mendelsohn et al. 2000)。こうした気象災害に、長距離移動性害虫の大量飛来がさらにおいちはかけている。これには、数年から数十年の間隔で突的に発生し、移動と繁殖をくりかえしながら、膨大な数となって農業に壊滅的な被害をおよぼすものと、毎年ある時期になると季節風によって飛来し、短期間のうちに集中的な加害をおこなうものがある。

前者の代表例はトビバツタ類である。トビバツタは高密度条件下で成育すると、個々がばらばらに生活する状態 (孤独相) から、集合性と移動性が極度につよい状態 (群生相) へと相変異がおこる。なかでもサバクトビバツタ *Schistocerca gregaria* は、有史以来しばしば大発生をおこしており、アフリカ大陸のみならず、中近東やインドにまで大きな被害をおよぼしてきた (図 1)。本種については、長年にわたり研究がおこなわれてきたが、有効な管理方法はいまだみつかっていない (Pener and Simpson 2009)。本種を管理するうえで鍵となるのは、いかにして群生相個体の発生を見きわめ、発生時期や発生量を正確に予測するかである。前野と田中は、生理学的手法により、本種の相変異形質が発現されるメカニズムの解明をめざしてきた。これまでに、本種が生息密度に応じて卵サイズを可塑的に変化させることをあきらかにし (Maeno and Tanaka 2008)、さらに野外採集した雌成虫の卵巣をしらべることによって、相変異の傾向が判定できることを示唆した (Tanaka and Maeno 2010)。この研究をさらにおしすすめ、群生相の発生予測技術を確立することが期待されている。

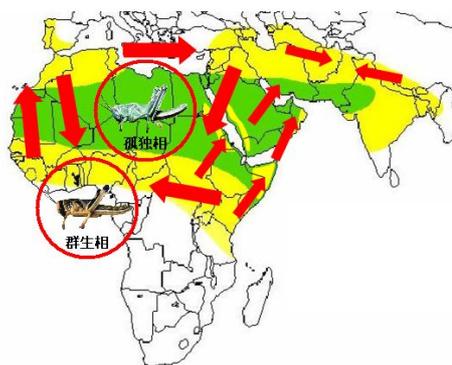


図 1 サバクトビバツタの生息地と移動経路。
緑色：バツタの常発地域、黄色：群生相の飛来地域。

一方、マメ科作物の害虫であるマメノメイガ *Maruca vitrata* は、季節的な長距離移動をおこなう害虫の一例である。本種は西アフリカ南部の湿潤サバンナ地帯で周年的に発生し、降雨と作物の栽培時期に応じて北部の乾燥サバンナ地帯へと移動する。本種の飛来時

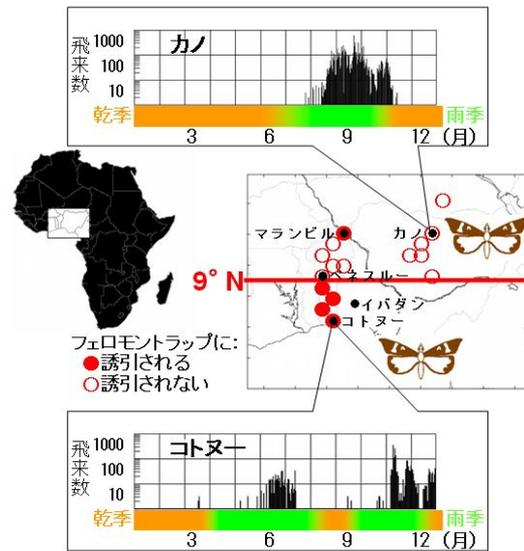


図 2 マメノメイガの飛来数の推移とフェロモントラップの効果。

期を予測するために開発されたフェロモントラップ (Adati and Tatsuki 1999; Downham et al. 2003) は、南部の湿潤サバンナ地帯では効果を発揮するものの、北緯 9 度以北の乾燥サバンナ地帯では、実際に害虫が発生しているにもかかわらず、ガはほとんど捕獲されなかった (図 2) (Adati et al. 2008)。このことは、マメノメイガの季節的な長距離移動と繁殖活動とのあいだに何らかの関連があることを示唆している。こうした移動と繁殖のメカニズムを解明することは、本種の総合的害虫管理体系を構築するうえで不可欠である。

2. 研究の目的

本研究では、アフリカで農業上問題となっている長距離移動性害虫の生理・生態学的特性を解明して害虫管理に活用することを目的とし、おもに以下のことをあきらかにする。

(1) 北アフリカにおけるサバクトビバツタの相変異制御因子の解明と発生予測技術の確立

トビバツタの個体群密度をより高い精度でモニタリングするためには、植物群集とバツタとの相互関係をあきらかにすることが必須である。そこで、植食者であるサバクトビバツタが植物を野外でどのように利用しているのかを孤独相と群生相それぞれについて解明するために、モーリタニアにおいて野外調査をおこなう。また、トビバツタが天敵の捕食を回避するために植物をどのようにシエルターとして利用しているのかをあきらかにする。

一方、サバクトビバツタの相変異形質が発現されるメカニズムについては、前述のとおり本種が生息密度に応じて卵サイズを可塑的に変化させることがわかっている。そこで、雌の卵巣内の卵サイズと、野外個体群の密度および相変異との関係をあきらかにする。

(2) 西アフリカにおけるマメノメイガの環

環境保全型管理技術の開発

西アフリカ南部の湿潤地帯において周年発生するマメノメイガ個体群について、栽培ササゲや野生代替寄主が交尾や産卵などの繁殖行動にどのような影響をおよぼしているのかをあきらかにする。

一方、ベナン北部は乾燥サバンナ地帯にふくまれるが、ニジェール河畔に位置するマランビルでは、同地帯で唯一フェロモントラップによるオスの捕獲が確認されている。同地において、気象条件および代替寄主植物の分布状況を調査し、繁殖行動との関連性を解明する。

3. 研究の方法

(1) 北アフリカにおけるサバクトビバッタの相変異制御因子の解明と発生予察技術の確立

相変異個体群におよぼす植物の影響

2013年の1月と11月に北アフリカ・モリタニア国内のヌアクショット、シンゲッティ、アクジュージド、ヌアディブー、アタルなどの調査地において、サバクトビバッタの孤独相および群生相個体群について調査を実施した。

卵サイズをもちいた密度推定法の開発

上記の調査地で採集した雌成虫を解剖し、卵巣内の卵のサイズを測定した。また、これらの採集個体群を実験室内で集団(67.20lのケージに100頭)または個別(1.44lのケージに1頭)で飼育し、飼育密度が卵サイズにおよぼす影響をしらべた。さらに、両条件下で飼育した個体の次世代孵化幼虫を絶食状態におき、生存時間をしらべることによって飢餓耐性を比較した。

(2) 西アフリカにおけるマメノメイガの環境保全型管理技術の開発

各調査地における季節的発生活長からみた長距離移動の様態

西アフリカのナイジェリアとベナンにまたがり、南北に配置された5つの調査地、すなわちコトヌー、イバダン、ペネスルー、カノ、マランビルにおいて(図2) 2012年4月より2014年3月まで(イバダンは2013年3月まで)、国際熱帯農業研究所の協力により、ライトトラップを設置し、マメノメイガ成虫の捕獲数、捕獲個体の性比、雌の交尾率を毎日調査した。また、飛翔中の成虫の捕獲を企図して、2012年から翌年にかけて、コトヌー、イバダン、ペネスルー、マランビル、カノで、地上5~10mの高さにネットトラップを設置し、捕獲の有無を毎日調査した。

個体群動態および繁殖行動におよぼす寄主植物の影響

2012年8月と2013年8月に西アフリカのナイジェリアとベナンで、2014年8月にベナンで、それぞれ現地調査をおこなった。上記5か所の調査地において、ササゲ圃場にマメ

ノメイガ用の合成フェロモントラップを設置し、雄成虫に対する誘引効果をしらべた。

また、ベナン南部から北部にかけての湿潤および乾燥サバンナ地帯で、本種の野生食草とされるマメ科植物の分布をしらべた。

4. 研究成果

(1) 北アフリカにおけるサバクトビバッタの相変異制御因子の解明と発生予察技術の確立

相変異個体群におよぼす植物の影響

野外調査の結果、サバクトビバッタの定住的な孤独相幼虫および成虫は、生息地で優占する3種の植物のなかでも、ほとんどの個体が棘のある *Fagonia arabica* (ハマビシ科)にとまっているのが観察された。また *F. arabica* の植物体サイズとトビバッタ個体数とのあいだには正の相関がみられた。これらのことから、トビバッタは天敵による捕食を物理的に回避するため、棘のある植物をシェルターとして利用しているものとかがえられた (Maeno et al. 2012)。

一方、高密度下で発生する群生相の幼虫は移動中に遭遇するほぼすべての植物でみられた。観察者が接近すると、幼虫が植物からとびたつか、叢中ににげこむ逃避行動が観察された (Maeno et al. 2013a)。

以上のことから、サバクトビバッタの生息地選択は相によってことなり、天敵を回避するためにシェルターとして利用している植物種から、相変異の状況が容易に判定できる可能性が示唆された。また、トビバッタの個体群密度をモニタリングする際には相と植物群集を考慮する必要性が示唆された。

卵サイズをもちいた密度推定法の開発

サバクトビバッタの飼育密度と卵サイズとの関係について調査した結果、集団飼育した雌の卵巣内の卵のサイズは、個別飼育した雌のそれよりも有意に大きかった(図3)。また、集団飼育した個体群の次世代孵化幼虫

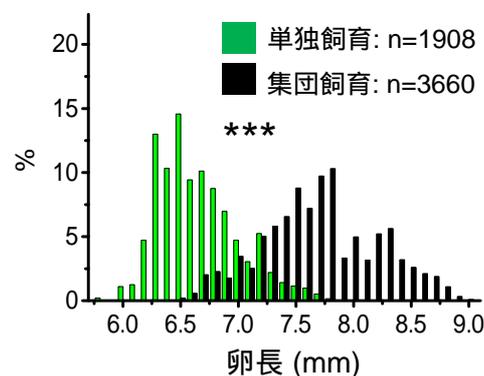


図3 サバクトビバッタの卵サイズにおよぼす飼育密度の影響。***: F 検定により、ことなる飼育条件間で卵サイズに有意な差がある ($P < 0.001$)。Maeno et al. (2013b) より改変。

は個体飼育した個体群の次世代よりも体サイズが大きく、また飢餓耐性が高いことがわかった (Maeno et al. 2013b)。

これらのことから、雌成虫卵巣内の卵サイズより、次世代個体群の相変異の度合いが予測できる可能性が示唆された。

(2) 西アフリカにおけるマメノメイガの環境保全型管理技術の開発

各調査地における季節的発生消長からみた長距離移動の様態

前課題における調査からひきつづき、乾燥サバンナに位置する北部のカノでは、毎年雨季にあたる7月下旬から10月にかけて成虫が捕獲された。雨季のあいだには一晩で100頭をこえる突発的な個体数のピークもみられたが、これとは対照的に、乾季にあたる11月から7月中旬にかけては成虫の捕獲はほとんどみられなかった。

一方、乾燥サバンナと湿潤サバンナの遷移帯に位置するペネスルーでは、捕獲数のピークが毎年雨季の10月にみられたが、それ以外の乾季の月にもわずかながら捕獲があった (図4)。

マランビルとコトヌーでは、本種の捕獲がみられない期間がかなりあったが、これはトラップの位置が圃場からはなれていたことや、光源を水銀灯から照度のひくいLEDにとりかえていた時期があったことなど、トラップの捕獲効率の低さに起因するものとかがえられた。

以上の結果を、データの欠損や捕獲効率などをふまえて総合すると、本種は湿潤サバンナ地帯のコトヌーやイバダン、またサバンナ遷移帯でも比較的植生がゆたかなペネスルーなどでは周年的に発生し、乾燥サバンナ地帯のマランビル、カノなどへ熱帯内収束帯の北進による南西季節風によって長距離移動するものとかがえられる (Adati et al., 2012)。

一方、飛翔中の成虫を捕獲するため各調査地に設置したネットトラップでは、成虫の捕獲は一度も確認されなかった。乾燥サバンナ地域における本種の個体群構造と、成虫の移動の詳細については今後の課題である。

個体群動態および繁殖行動におよぼす寄主植物の影響

マメノメイガ用合成フェロモントラップを設置した調査地のなかで、ペネスルー (9°14' N) でのみコントロールと比較して有意な数の雄成虫の捕獲がみられた (足達 未発表データ)。これは、北緯9度以北の調査地でフェロモントラップが効果をしめした数すくない事例である。

一方ペネスルーの周辺では、*Lonchocarpus sericeus*、*Pterocarpus santalinoides*、*Tephrosia bracteolata* などの野生のマメ科植物の分布が確認された。

これらのことは、北緯9度以北の地域に飛来した成虫の次世代の繁殖行動が活性化され、合成フェロモンに反応するようになるた

めには、栽培植物であるササゲ以外に野生の代替寄主植物が必要であるという仮説 (Adati et al., 2012) を裏づけているものとかがえられた。

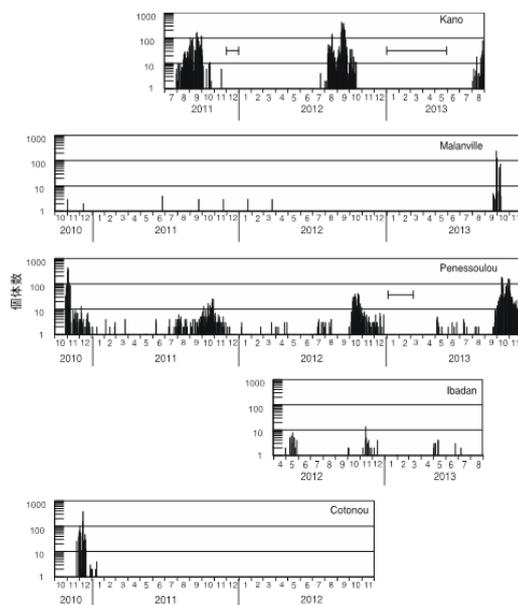


図4 各調査地におけるライトトラップによるマメノメイガ成虫の発生消長。一部、前課題の調査でえられた2011年以前のデータをあわせてしめす。

< 引用文献 >

- Adati T, Tatsuki S (1999) Identification of the female sex pheromone of the legume pod borer, *Maruca vitrata* and antagonistic effects of geometrical isomers. *Journal of Chemical Ecology* 25: 105-115
- Adati T, Tamò M, Yusuf SR, Downham MCA, Singh BB, Hammond W (2008) Integrated pest management for cowpea-cereal cropping systems in the West African savannah. *International Journal of Tropical Insect Science* 27: 123-137
- Adati T, Tamò M, Koji S, Downham MCA (2012) Effect of migration and mating status of the legume pod borer, *Maruca vitrata* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae) on the efficacy of synthetic sex pheromone traps in West Africa. In: Boukar O., Coulibaly O., Fatokun C.A., Lopez K., and Tamò M (eds.) *Innovative Research along the Cowpea Value Chain: Proceedings of the Fifth World Cowpea Conference, held in Saly, Senegal, 27 September - 1 October 2010, IITA, Nigeria*, pp. 260-272
- Downham MCA, Hall DR, Chamberlain DJ, Cork A, Farman DI, Tamò M, Dahounto D, Datinon B, Adetonah S (2003) Minor components in the sex pheromone of the legume podborer, *Maruca vitrata* (F.) (Lepidoptera: Pyralidae): development of an attractive blend. *Journal of Chemical Ecology* 29: 989-1011

- Maeno K, Tanaka, S (2008) Maternal effects on progeny size, number and body color in the desert locust, *Schistocerca gregaria*: density- and reproductive cycle-dependent variation. *Journal of Insect Physiology* 54: 1072-1080
- Maeno KO, Piou C, Ely OS, Mohamed SO, Jaavar MH, Babah MAO, Nakamura S (2012) Field observations of the sheltering behavior of the solitary phase of the desert locust, *Schistocerca gregaria*, with particular reference to antipredator strategies. *Japan Agricultural Research Quarterly* 46: 339-345
- Maeno KO, Piou C, Ely SO, Babah MAO, Péliissié B, Mohamed SO, Jaavar MH, Etheimine M, Nakamura S (2013a) Plant size-dependent escaping behavior of gregarious nymphs of the desert locust, *Schistocerca gregaria*. *Journal of Insect Behavior* 26: 623-633 (査読あり), DOI: 10.1007/s10905-013-9378-4
- Maeno KO, Piou C, Ould Babah MA, Nakamura S (2013b) Eggs and hatchlings variations in desert locusts: phase related characteristics and starvation tolerance. *Frontiers in Physiology* 4: 345
- Mendelsohn R, Dinar A, Dalfelt A (2000) Climate change impacts on African agriculture. Preliminary analysis prepared for the World Bank, Washington, 25 p
- Pener MP, Simpson SJ (2009) Locust phase polyphenism: an update. *Advances in Insect Physiology* 36: 1-286
- Tanaka S, Maeno K (2010) A review of maternal and embryonic control of phase-dependent hatchling characteristics in the desert locust. *Journal of Insect Physiology* 56: 911-918

5. おもな発表論文など

(研究代表者、研究分担者および連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 10 件)

- Kudo A, Kawazu K, Adati T (2014) Age-dependent changes in feeding preference and effects of commercial semi-synthetic diets on development of the legume pod borer, *Maruca vitrata* (Lepidoptera: Crambidae). *Applied Entomology and Zoology* 49: 459-466 (査読あり), DOI: 10.1007/s13355-014-0272-0
- Katoh T, Koji S, Ishida TA, Matsubayashi KW, Kahono S, Kobayashi N, Furukawa K, Viet BT, Vasconcellos-Neto J, Lange CN, Goergen G, Nakano S, Li N, Yu G, Katakura H (2014) Phylogeny of *Epilachna*, *Henosepilachna*, and some minor genera of phytophagous ladybeetles (Coleoptera: Coccinellidae: Coccinellinae: Epilachnini), with an analysis of ancestral biogeography and host-plant utilization. *Zoological Science* 31: 820-830

(査読あり), DOI: 10.2108/zs140088

- 足達太郎・山極寿一・山根裕美・坂本亘・山科千里・山越言 (2014) 生物学とアフリカの未来. *アフリカ研究* 85: 33-50 (査読なし), DOI: 10.11619/africa.2014.85_33
- Maeno KO, Nakamura S, Babah MAO (2014) Nocturnal and sheltering behaviours of the desert darkling beetle, *Pimelia senegalensis* (Coleoptera: Tenebrionidae), in the Sahara Desert. *African Entomology* 22: 499-504 (査読あり), DOI: 10.4001/003.022.0311
- 足達太郎・牛田一成・木村李花子・菊野日出彦・安岡宏和・山極寿一 (2013) 生物学はアフリカのために何ができるのか. *アフリカ研究* 83: 53-66 (査読なし), DOI: 10.11619/africa.2013.83_53
- Maeno KO, Piou C, Ely SO, Babah MAO, Péliissié B, Mohamed SO, Jaavar MH, Etheimine M, Nakamura S (2013) Plant size-dependent escaping behavior of gregarious nymphs of the desert locust, *Schistocerca gregaria*. *Journal of Insect Behavior* 26: 623-633 (査読あり), DOI: 10.1007/s10905-013-9378-4
- Maeno KO, Piou C, Ould Babah MA, Nakamura S (2013) Eggs and hatchlings variations in desert locusts: phase related characteristics and starvation tolerance. *Frontiers in Physiology* 4: 345 (査読あり), DOI: 10.3389/fphys.2013.00345
- 足達太郎・奥田隆・清水大輔・竹ノ下祐二・椎野若菜・山極寿一 (2012) アフリカ学としての生物学をかんがえる. *アフリカ研究* 81: 45-59 (査読なし), DOI: 10.11619/africa.2012.81_45
- Maeno KO, Nakamura S, Babah MAO (2012) Sexing live adults of the three species of darkling beetle (Coleoptera: Tenebrionidae) and morphological characteristics. *Annals of the Entomological Society of America* 105: 726-730 (査読あり), DOI: 10.1603/AN12020
- Maeno KO, Piou C, Ely OS, Mohamed SO, Jaavar MH, Babah MAO, Nakamura S (2012) Field observations of the sheltering behavior of the solitary phase of the desert locust, *Schistocerca gregaria*, with particular reference to antipredator strategies. *Japan Agricultural Research Quarterly* 46: 339-345 (査読あり), <https://www.jircas.affrc.go.jp/english/publication/jarq/46-4/46-04-08.pdf>

[学会発表](計 12 件)

- 足達太郎 (2015) アフリカ昆虫学史試論: 先史時代~近代. 日本アフリカ学会第 52 回学術大会 2015 年 5 月 23~24 日 犬山国際観光センター「フロイデ」(犬山市)
- 中村達 (2015) 東アフリカにおけるサバクトビバッタの研究: ICIPE の役割. 第 59 回日本応用動物昆虫学会大会 2015 年 3 月

26~28日(招待講演)山形大学小白川キャンパス(山形市)

Nakamura S (2014) Microtype tachinids possess thousands of eggs: Do they have any oviposition strategies? 8th International Congress of Dipterology, 10-15 August 2014, Potsdam, Germany

足達太郎・山極寿一・山根裕美・坂本亘・山科千里・山越言(2014)アフリカ生物学フォーラム:3 生物学とアフリカの未来. 日本アフリカ学会第51回学術大会 2014年5月23~25日 京都大学百周年時計台記念館(京都市)

小路晋作・足達太郎(2014)マメノメイガの長距離移動を追って:西アフリカでのモニタリング調査から分かったこと. 第58回日本応用動物昆虫学会大会 2014年3月26~28日(招待講演)高知大学朝倉キャンパス(高知市)

足達太郎(2014)ケニアにおける野生生物と人間の軋轢. 第58回日本応用動物昆虫学会大会 2014年3月26~28日(招待講演)高知大学朝倉キャンパス(高知市)

前野ウルド浩太郎・中村達・Mohamed Abdallahi Ould Babah(2014)サバクトビバッタの暑さ対策:オスは灼熱の砂漠でどうやってメスと出会うのか. 第58回日本応用動物昆虫学会大会 2014年3月26~28日 高知大学朝倉キャンパス(高知市)

足達太郎・牛田一成・木村李花子・菊野日出彦・安岡宏和・山極寿一(2013)アフリカ生物学フォーラム:2 生物学はアフリカのために何が出来るのか. 日本アフリカ学会第50回学術大会 2013年5月25~26日 東京大学駒場キャンパス(東京都目黒区)

前野浩太郎・中村達・Cyril Piou・Mohamed Abdallahi Ould Babah(2013)サバクトビバッタの孤独相は野外でどこに隠れているのか? 第57回日本応用動物昆虫学会大会 2013年3月27~29日 日本大学生物資源科学部(神奈川県藤沢市)

Maeno KO, Babah MAO, Nakamura S (2013) Potential biological control agent of the desert locust, *Schistocerca gregaria*: Behavioural characteristics of the predatory beetle *Pimelia senegalensis* (Coleoptera: Tenebrionidae). 4th International Symposium on Biological Control of Arthropods, 4-8 March 2013, Pucón, Chile

Adati T, Tamó M, Koji S, Downham MCA (2012) Effect of migration and mating status of the legume pod borer, *Maruca vitrata* (Lepidoptera: Crambidae) on the efficacy of synthetic sex pheromone traps in West Africa. XXIV International Congress of Entomology, 19-25 August 2012, Daegu, Korea

足達太郎・奥田隆・清水大輔・竹ノ下祐二・椎野若菜・山極寿一(2012)アフリカ生物学フォーラム:1 アフリカ学としての生

物学をかんがえる. 日本アフリカ学会第49回学術大会 2012年5月26~27日 国立民族学博物館(大阪府吹田市)

[図書](計1件)

Adati T, Tamó M, Koji S, Downham MCA (2012) Effect of migration and mating status of the legume pod borer, *Maruca vitrata* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae) on the efficacy of synthetic sex pheromone traps in West Africa. In: Boukar O., Coulibaly O., Fatokun C.A., Lopez K., and Tamó M (eds.) Innovative Research along the Cowpea Value Chain: Proceedings of the Fifth World Cowpea Conference, held in Saly, Senegal, 27 September - 1 October 2010, pp. 260-272, IITA, Nigeria, 432 p

6. 研究組織

(1) 研究代表者

足達太郎 (ADATI Tarō)
東京農業大学・国際食料情報学部・教授
研究者番号: 50385506

(2) 研究分担者

小路晋作 (KOJI Shinsaku)
金沢大学・地域連携推進センター・特任准教授

研究者番号: 10447683

中村達 (NAKAMURA Satoshi)

独立行政法人国際農林水産業研究センター・生産環境・畜産領域・主任研究員

研究者番号: 40373229

(3) 連携研究者

田中誠二 (TANAKA Seiji) (2012~2013年度)
独立行政法人農業生物資源研究所・昆虫相互作用研究ユニット・上級研究員

(4) 研究協力者

Mohamed A.O. BABAH

モーリタニア国立トビバッタ防除センター(CNLA)・所長

前野浩太郎 (MAENO Ould Kotaro)

モーリタニア国立トビバッタ防除センター(CNLA)・日本学術振興会海外特別研究員/国際農業研究開発協力センター(CIRAD、フランス)客員研究員(2012年度) 国際共同研究人材育成推進支援事業国際農業研究協議グループ(CGIAR)特別研究員(2013年度) 京都大学白眉センター特定助教(2014年度) 高橋明彦 (TAKAHASHI Akihiko)

独立行政法人中央農業総合研究センター・主任研究員

Manuele TAMÒ

国際熱帯農業研究所・上級研究員