

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18405024
 研究課題名（和文）アフリカの環境保全型農法における生物間相互作用の解明と害虫管理への活用
 研究課題名（英文）Understanding of the Interactions between Agricultural Organisms in the Environmentally-Sound Cultivation Systems in Africa and their Application to Sustainable Pest Management Strategies
 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・講師
 研究者番号：50385506

研究成果の概要：

近年、東アフリカを中心に環境保全型害虫管理技法として急速に普及しつつある「プッシュ・プル法」について、本手法における作物・害虫・天敵およびそのほかの圃場生物間における各種の相互作用を圃場試験によって解明するとともに、本手法のさらなる普及にむけて改良をこころみた。また、本法に対する農民の認識を調査することにより、本手法の普及要因を明らかにし、他地域や他作物への本手法適用の可能性について検討した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	4,800,000	1,440,000	6,240,000
2007年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
2008年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
年度			
年度			
総計	13,200,000	3,960,000	17,160,000

研究分野：熱帯作物保護学・応用昆虫学

科研費の分科・細目：農学・応用昆虫学

キーワード：環境保全型害虫管理、アフリカ、混作、天敵、生物間相互作用、プッシュ・プル法、普及、国際研究者交流

1. 研究開始当初の背景

昆虫の行動に影響をおよぼす刺激因子と抑制因子を組みあわせて作物害虫や天敵の個体群を制御する「プッシュ・プル法」とよばれる害虫管理上の手法が提唱されたのは、1980年代後半のことであった（Cook et al., 2007）。Khan et al. (1997) はこれを応用し、東アフリカのケニアでトウモロコシを加害するズイムシ類を抑制するために、ズイムシに対して忌避作用をもつ牧草の一種をトウモロコシ畑に間作するとともに、ズイムシを誘引する別の牧草を「おとり作物」として畑のまわりに植える手法を考案した（図1）。

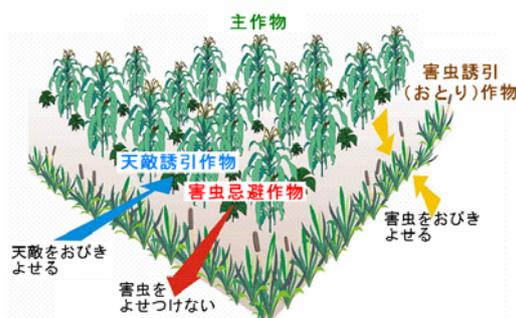


図1 プッシュ・プル法概念図。Johnnie van den Berg 原図。Push-Pull: South Africa (online) より改変。

昆虫の定位・産卵・摂食といった行動を制御する化学的因子については、これまでに数多くの研究の蓄積がある。前述の「ケニア式プッシュ・プル法」(以下、PPT)においては、おとり作物として利用されるネピアグラスが放出するヘキサナールや青葉アルコールなどの揮発成分がゾイムシの成虫を誘引することが明らかにされた (Chamberlain et al., 2006)。また、忌避作物として利用されるデスマディウムからは、 β -オシメンや(E)-4,8-ジメチル-1,3,7-ノナトリエンなどの物質が検出され (図2)、ゾイムシの行動におよぼす効果が示唆されている (Khan et al., 2000)。

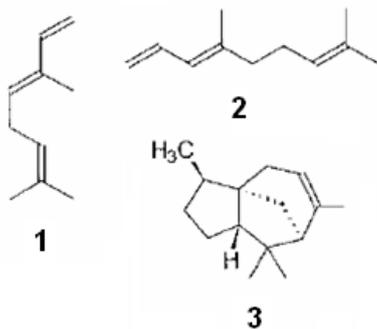


図2 デスマディウムより検出されたゾイムシ *Busseola fusca* に対する EAG 活性揮発成分。1: (E)- β -オシメン、2: (E)-4,8-ジメチル-1,3,7-ノナトリエン、3: α -セドレン (Khan et al., 2000 より改変)。

PPT は、きわめて短期間のうちに西ケニアの多くの一般農家に普及した。ひとつの畑に複数の作物を植える混作がもともとアフリカの在来農法として一般的であり、西ケニアの農民にとってなじみのあったことがその要因のひとつと考えられるものの (足達, 2006)、農民が本農法に具体的にどんなメリットを見出しているのかは不明である。

混作が害虫の発生をおさえることは、以前から世界各地で経験的に知られていたことであり、近年は環境保全型害虫管理技法としても注目されているが、その機構についてはさまざまな議論がある。植生が多様であるほど害虫が餌資源を探索するためのコストがかかるため増殖率が減少するという「資源集中仮説」や、植生が持続的かつ多様であるため天敵のはたらきが活性化されるという「天敵仮説」などがこれまでに提起されている (Root, 1973)。しかし、混作が一般的に害虫個体数を抑制するという明確な結論はいまだ得られていない (Andow, 1991)。

PPT についても、ゾイムシやその天敵の行動におよぼす個々の植物成分の機能が解明されつつあるが、圃場の間作や周縁の植生が圃場内外の害虫や天敵の個体群動態については、くわしい検証がなされていない。これらを解明することは、個体群・群集生態学的観点からきわめて興味ぶかい課題である。さ

らに、アフリカの環境保全型農法に内在する害虫管理機能を、環境への高い負荷が問題となっている近代的農業に活用することには、きわめて今日的な意義があるといえる。

2. 研究の目的

本研究は、アフリカの環境保全型農法に内在する害虫制御機能を解明し、これをアフリカおよびその他の地域における作物害虫管理に活用することを目的としている。

本研究では、PPT をはじめとするアフリカの環境保全型害虫管理技法における生態学的機能を検証して害虫管理に活用するため、おもに以下のことを明らかにする。

(1) 東アフリカのトウモロコシ害虫および天敵におよぼす PPT の効果とその応用

複数種のおとり作物と忌避作物を組みあわせて圃場内に配置した場合に、害虫および天敵 (とくに捕食性天敵) 個体群がうける相互作用について、西ケニアにおける圃場実験によって明らかにするとともに、従来のケニア式プッシュ・プル法とはことなる作物の組み合わせを用いて、その効果を検討する。

(2) 西ケニアにおける PPT の普及と農民の認識

西ケニアにおける PPT の急速な普及の実態をふまえ、本法および害虫や天敵に対する農民の認識を調査し、地理的・社会的・文化的要因と本法の普及過程との関係を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 東アフリカのトウモロコシ害虫および天敵個体群におよぼすプッシュ・プル法の効果とその応用

① 周縁植生が害虫と捕食性天敵におよぼす影響

西ケニアにおいて、トウモロコシ畑の周縁にギニアグラスを混作した区としない区を設け、トウモロコシ害虫であるゾイムシとその捕食者であるハサミムシの個体数を比較した。さらに、ハサミムシをはじめとする捕食性天敵を人為的に畑から除去して、ゾイムシ個体数におよぼす影響を調査した。

② ササゲおよびデスマディウムの混作が捕食性天敵におよぼす影響

トウモロコシを主作物とし、ササゲ、デスマディウムをトウモロコシ圃場内に間作し、トウモロコシ単作区・ササゲ間作区、デスマディウム間作区、ササゲ+デスマディウム区 (同穴播種および株間播種) の間で、捕食者の種類と個体数を比較するとともに、捕食性天敵を捕獲してその種類と個体数を調査した。

(2) 西ケニアにおける PPT の普及と農民の認識

西ケニアの Bungoma District および Trans

Nzoia District において、PPT 実施農民と非実施農民について、トウモロコシの害虫と天敵に対する認識に関する聞きとり調査を行った。また、ズイムシと天敵の標本を提示しながら、それらの昆虫について畑で目撃経験の有無、生息場所、行動、方名を聞いた。さらに PPT 実施農民に対しては、PPT の利点についてたずねた。

4. 研究成果

①周縁植生が害虫と捕食性天敵におよぼす影響

トウモロコシの周縁に植えられたギニアグラス上では、捕食者の個体群密度が高かったが、トウモロコシ畑内部においては単作・混作両区の間で捕食者の個体数に差はなく、ズイムシの個体数にも有意差は認められなかった。いっぽう捕食者を人為的に除去すると、除去率が 33%と高かったトウモロコシ区ではズイムシの個体数が増加したのに対し、18%と低かったギニアグラス区ではほとんど変化がなかった (図 3)。このことから、捕食者の存在は確かにズイムシを減少させる役割を果たしてはいるものの、混作によってトウモロコシ畑内部の天敵の種数や個体数が増加するものではないことが示唆された (Koji et al., 2007)。

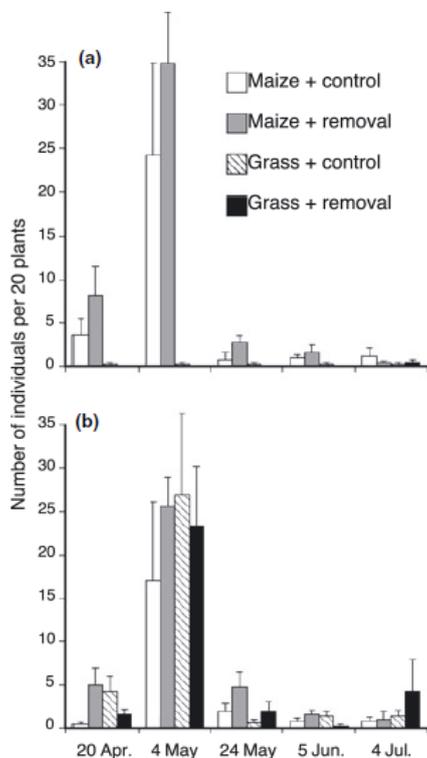


図 3 周縁植生 (a) およびトウモロコシ圃場内部 (b) におけるズイムシ *Chilo partellus* の個体群密度の推移。Koji et al. (2007) より。

②ササゲおよびデスマディウムの混作が捕

食性天敵におよぼす影響

全調査期間をつうじて、総計 3442 頭の捕食性天敵が採集された。その内訳はアリ類 62%、ハサミムシ類 32%、テントウムシ類 6%、クモ類 2%であった。試験区のなかでは、デスマディウム+ササゲ間作区 (同穴播種) で最も捕食者数が多く、ついでデスマディウム間作区、デスマディウム+ササゲ間作区 (株間播種)、ササゲ間作区、トウモロコシ単作区 (同穴播種) の順となった。デスマディウム+ササゲ間作区 (同穴播種) とトウモロコシ単作区、ササゲ間作区との間で捕食者数に有意な差が見られた。以上の結果から、トウモロコシとササゲ・デスマディウムの混作は、捕食者の密度を高める効果があることが明らかになった (図 4)。

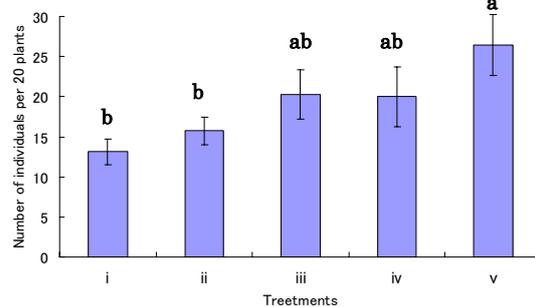


図 4 各種の混作区および単作区における捕食性天敵の総個体数密度。i: トウモロコシ単作区、ii: ササゲ混作区、iii: デスマディウム混作区、iv: ササゲ+デスマディウム混作区 (株間播種)、v: ササゲ+デスマディウム混作区 (同穴播種)。おなじ文字を付した処理区間では分散分析 ($p < 0.05$) 後にフィッシャーの最小有意差法で多重比較した結果、たがいに有意差がない ($p > 0.05$)。Ishihara (2009) より。

(2) 西ケニアにおける PPT の普及と農民の認識

聞きとり調査の結果、トウモロコシの害虫として問題となっているものをたずねたところ、PPT 実施農民では 78%、非実施農民では 73%の農民がズイムシと答えた。PPT 実施の有無に関わらず、9 割以上の農民がズイムシの全ステージを見たことがあると答え、生息場所、発生時期、行動に関しても高い関心をもっていることが示された。また、ズイムシを捕食する昆虫を知っているかどうかをたずねたところ、実施農民、非実施農民ともに、全体の約 5 割が知っていると答え、特にアリとクモが多くあげられた。ズイムシの発生や被害を抑える方法として、農薬や早期播種をあげた農民が多かったが、天敵の利用をあげた人はほとんどいなかった。つまり、農民は害虫に対してはかなり高い関心を持っているにもかかわらず、天敵に対する関心は概して低いことがわかった (Ishihara, 2009)。

実施農民に PPT の効果をたずねたところ、土壤肥沃度の増進をあげた人が 75% と最も高く、62% の人がズイムシによる被害抑制をあげた。その他、土壤浸食防止、有害雑草ストリガの抑制、土壤の保水、防風などがあげられた。つまり、PPT はもともと害虫の抑制を目的とした技術であったが、農民は害虫防除だけでなく、本法のもつ他のさまざまな利点に注目していることが示された (Ishihara, 2009)。なおこの結果は、Khan et al. (2008) が西ケニアの 15 の地域 (District) で行なった調査結果と傾向がほぼ一致したものであった (図 5)。

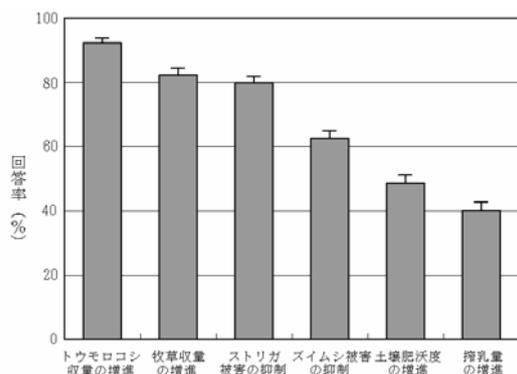


図 5 実施農民が認識しているプッシュ・プル法の利点。2005 年に西ケニアで行なわれた聞きとり調査における回答率。サンプル数 346 人。Khan et al. (2008) の地域別データより作成。足達・小路 (2008) より。

引用文献 (上記文中で下線を付した引用は後掲の「主な発表論文等」を参照)

Andow, D.A., Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology*, vol. 36, pp. 561-586 (1991).

Chamberlain K., Khan, Z.R., Pickett, J.A., Toshova, T. and Wadhams, L.J., Diel periodicity in the production of green leaf volatiles by wild and cultivated host plants of stem borer moths, *Chilo partellus* and *Busseola fusca*. *Journal of Chemical Ecology*, vol. 32, pp. 565-577 (2006).

Cook, S.M., Khan, Z.R. and Pickett, J.A., The use of push-pull strategies in integrated pest management. *Annual Review of Entomology*, vol. 52, pp. 375-400 (2007).

Khan, Z.R., Chiliswa, P., Ampong-Nyarko, K., Smart, L.E., Polaszek, A., Wandera, J. and Mulaa, M.A., Utilisation of wild gramineous plants for management of cereal stem borers in Africa. *Insect Science and its Application*, vol. 17, pp. 143-150 (1997).

Khan, Z.R., Pickett, J.A., van den Berg, J., Wadhams, L.J. and Woodcock, C.M., Exploiting chemical ecology and species diversity: stem borer and striga control for maize and sorghum in Africa. *Pest*

Management Science, vol. 56, pp. 957-962 (2000).

Khan, Z.R., Amudavi, D.M., Midega, C.A.O., Wanyama, J.M., and Pickett, J.A., Farmers' perceptions of a 'push-pull' technology for control of cereal stem borers and *Striga* weed in western Kenya. *Crop Protection*, vol. 27, pp. 976-987 (2008).

Push-Pull: South Africa, *South African Push-Pull: How it works?* Push-Pull: South Africa, http://southafrica.push-pull.net/ppsa_why.html (online, accessed on 19 May, 2009)

Root, R.B., Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecological Monographs*, vol. 43, pp. 95-125 (1973).

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 13 件)

1) Obura, E., Midega, C.A.O., Masiga, D., Pickett, J.A., Mohamed, H. Koji, S. and Khan, Z.R., *Recilia banda* Kramer (Hemiptera: Cicadellidae), a vector of Napier stunt phytoplasma in Kenya. *Naturwissenschaften*. (in press) (査読有)

2) 足達太郎・小路晋作「プッシュ・プル法による害虫管理：アフリカにおける事例とその検証」『植物防疫』62 巻 631-635 頁 (2008) (査読有)

3) Adati, T., Tamò, M., Yusuf, S.R., Downham, M.C.A., Singh, B.B. and Hammond, W., Integrated pest management for cowpea-cereal cropping systems in the West African savannah. *International Journal of Tropical Insect Science*, vol. 27, pp. 123-137 (2008). (査読有)

4) 足達太郎・鳥海航・大川原亜耶・高橋久光「ハーブ類の混作がキャベツ害虫の個体数と天敵寄生率におよぼす影響」『東京農業大学農学集報』53 巻 259-263 頁 (2008) (査読有)

5) Kwadjo, K.E., Mamadou Doumbia, M., Ishikawa, T., Tano, Y. and Haubruge, E., Morphometrical changes and description of eggs of *Rhynocoris albopilosus* Signoret (Heteroptera: Reduviidae) during their development. *Entomologie Faunistique*, vol. 61, pp. 151-155 (2008). (査読有)

6) Takasu, K and Nakamura, S., Life history of the tick parasitoid *Ixodiphagus hookeri* (Hymenoptera: Encyrtidae) in Kenya. *Biological Control*, vol. 46, pp. 114-121 (2008). (査読有)

7) Koji, S., Khan, Z.R. and Midega, C.A.O., Field boundaries of *Panicum maximum* as a

reservoir for predators and a sink for *Chilo partellus*. *Journal of Applied Entomology*, 131, pp. 186-196 (2007). (査読有)

8) Takasu, K., Rains, G.C., Lewis, W.J., Comparison of detection ability of learned odors between males and females in the larval parasitoid *Microplitis croceipes* (Hymenoptera: Braconidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, vol. 122, pp. 247-251 (2007). (査読有)

9) Takasu, K. and Le, K.H., The larval parasitoid *Microplitis croceipes* oviposits in conspecific adults. *Naturwissenschaften*, vol. 94, pp. 200-206 (2007). (査読有)

10) Maniania, N.K. and Takasu, K., Development of microbial control agents at the international centre of insect physiology and ecology. *Bulletin of the Institute of Tropical Agriculture Kyushu University*, vol. 29, pp. 1-9 (2006). (査読有)

11) Ichiki, K., Nakamura, S., Takasu, K. and Shima, H., Oviposition behavior of the parasitoid fly, *Bessa parallela* (Meigen) (Diptera: Tachinidae), in the field. *Applied Entomology and Zoology*, vol. 41, pp. 659-665 (2006). (査読有)

12) Koji, S. and Nakamura, K., Seasonal fluctuation, age structure, and annual changes in a population of *Cassida rubiginosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) in a natural habitat. *Annals of the Entomological Society of America*, vol. 99, pp. 292-299 (2006). (査読有)

13) Masumoto, M. and Okajima, S., A revision of and key to the world species of *Mycterotherrips* Trybom (Thysanoptera, Thripidae). *Zootaxa*, vol. 1261, pp. 1-90 (2006). (査読有)

[学会発表] (計 16 件)

1) Adati, T. and Kawase, T., Control methods for agricultural insect pests in Japan during the Edo period (17th-19th century). XXIII International Congress of Entomology, Durban, South Africa (6-12 July 2008).

2) Midega, C.A.O. and Takasu, K., Life history strategies of the armored Rambutan scale insect, *Aulacaspis alisiana* (Hemiptera: diaspididae) on the Japanese silver tree in Fukuoka. XXIII International Congress of Entomology, Durban, South Africa (10 July 2008).

3) Yamashita, A., Taninoki, Y., Takasu, K., The possibility of invasion by the coconut hispine beetle *Brontispa longissima* into mainland Japan. XXIII International Congress of Entomology, Durban, South Africa (8 July 2008).

4) Adati, T., Natural resources protection based on natural science perspective: Functions of environmental conservation in indigenous agriculture. Symposium on Agriculture, Science

and Technology 2008, Tokyo University of Agriculture, Japan (21 June 2008).

5) 足達太郎・石原北斗・小路晋作「混作の害虫抑制効果：資源集中仮説と天敵仮説の検証」日本アフリカ学会第 45 回学術大会、龍谷大学 (2008 年 5 月 25 日)

6) 足達太郎「環境保全型害虫管理：アフリカと日本でのとりくみ」第 52 回日本応用動物昆虫学会大会・第 14 回日本 ICIPE 協会研究報告会、宇都宮大学 (2008 年 3 月 27 日)

7) 小路晋作「ケニアのトウモロコシ害虫と捕食者群集におよぼす圃場周縁植生の影響」第 52 回日本応用動物昆虫学会大会・第 14 回日本 ICIPE 協会研究報告会、宇都宮大学 (2008 年 3 月 27 日)

8) 高須啓志・Le, K.H. 「幼虫寄生蜂オオタバコガコバチの繁殖行動に及ぼす集団飼育の影響」第 52 回日本応用動物昆虫学会大会、宇都宮大学 (2008 年 3 月 27 日)

9) 藤沼聡・石川忠・足達太郎・小路晋作・Khan, Z.R. 「ネピアグラスから得られたケニア産ウンカ科の分類学的研究」日本昆虫学会関東支部第 44 回大会東京農業大学農学部、(2007 年 12 月 1 日)

10) 足達太郎 「プッシュ・プル法による作物害虫管理：アフリカと東南アジアでの事例から」東京農業大学総研研究会生物的防除部会第 39 回講演会、東京農業大学 (2007 年 10 月 11 日)

11) Kyawt San Dar Aung and Takasu, K., Host age preference by the egg parasitoid *Ooencyrtus nezarae* (Hymenoptera: Encyrtidae). 日本昆虫学会第 67 回大会、神戸大学 (2007 年 9 月 17 日)

12) Le, K.H., Takasu, K., Effect of different sugars and concentrations on feeding response and longevity of the larval parasitoid *Microplitis croceipes* (Hymenoptera: Braconidae). 4th Asia-Pacific Conference on Chemical Ecology, Tsukuba, Japan (10-14 September 2007).

13) Kyawt San Dar Aung and Takasu, K., Effect of host-feeding on reproduction in the egg parasitoid *Ooencyrtus nezarae* (Hymenoptera: Encyrtidae). 第 52 回日本応用動物昆虫学会大会、広島大学 (2007 年 3 月 29 日)

14) 高須啓志 「マダニ寄生蜂 *Ixodiphagus hookeri* の寄主探索」第 52 回日本応用動物昆虫学会大会、広島大学 (2007 年 3 月 28 日)

15) Takasu, K., Insect learning and its application to odor detection system. The 3rd International Joint Symposium between Korea and Japan, Kangwon National University, Korea (October 2006).

16) 高須啓志 「幼虫寄生蜂オオタバコガコバチの匂い探知能力」日本昆虫学会第 66 回大会、鹿児島大学 (2006 年 9 月 16 日)

[図書] (計 6 件)

- 1) 高須啓志「寄生蜂の学習」仲井まどか・大野和朗・田中利治 (編)『バイオロジカル・コントロール：害虫管理と天敵の生物学』朝倉書店 95-106 頁 (2009) (分担執筆)
- 2) 高須啓志「トウモロコシの茎に潜むズイムシの寄生蜂」日本 ICIPE 協会 (編)『アフリカ昆虫学への招待』京都大学学術出版会 63-77 頁 (2007) (分担執筆)
- 3) 足達太郎「ササゲとマメノメイガ」日本 ICIPE 協会 (編)『アフリカ昆虫学への招待』京都大学学術出版会 81-97 頁 (2007) (分担執筆)
- 4) 小路晋作「作物を昆虫から守る」日本 ICIPE 協会 (編)『アフリカ昆虫学への招待』京都大学学術出版会 217-231 頁 (2007) (分担執筆)
- 5) 足達太郎「マメノメイガの繁殖生態」河野義明・田付貞洋 (編)『昆虫生理生態学』朝倉書店 180-184 頁 (2007) (分担執筆)
- 6) 足達太郎「熱帯の伝統的農法：環境保全の機能をどう生かすか」高橋久光・夏秋啓子・牛久保明邦 (編)『熱帯農業と国際協力』筑波書房 148-157 頁 (2006) (分担執筆)

〔産業財産権〕

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

1) 学位論文指導

指導教員として下記の学位論文を査読した。

Ishihara, H., *Development and Extension of Environmentally-Friendly Pest Management Technology in Kenya*. MS thesis, Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture, 73 p. (2009) (Reviewed by T. Adati)

2) 有用技術

日本の大学が調査・研究に関与している途上国の農漁村開発に適用可能な有用技術のなかで、とくに実用可能性が高い約 50 の事例のひとつとして、国際協力機構 (JICA) により「プッシュ・プル防除法」が選定された。国際協力機構 (編)『農漁村開発分野での途上国における有用技術集：日本の大学の研究成果から』アイ・シー・ネット 総頁数 145 (2007)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

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

(2) 研究分担者

高須 啓志 (TAKASU KEIJI)
九州大学・農学研究院・准教授
研究者番号：50212006

(3) 連携研究者 (2006~07 年度は研究分担者)

石川 忠 (ISIHAKWA TADASHI)
東京農業大学・農学部・助教
研究者番号：60434007
小路 晋作 (KOJI SHINSAKU)
金沢大学・地域連携推進センター・特任助教
研究者番号：10447683
岡島 秀治 (OKAJIMA SHUJI)
東京農業大学・農学部・教授
研究者番号：60194346

(4) 研究協力者

藤沼 聡 (FUJINUMA SATOSHI)
東京農業大学・農学部・学生
石原 北斗 (ISHIHARA HOKUTO)
東京農業大学大学院・農学研究科・博士前期課程

Zeyaur R. Khan

国際昆虫生理生態学センター・上級研究員

Charles A.O. Midega

九州大学・農学研究院・外国人特別研究員

Hassan Mohamed

国際昆虫生理生態学センター・博士研究員

Joseph M. Ruthiri

ケニア国立博物館・技官