

平成22年5月21日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19370035
 研究課題名（和文）東アジア農林生態系におけるアリ類の種多様性とバイオインディケーターとしての利用
 研究課題名（英文）Species Diversity of Ants in Agriculture and Forest Ecosystems in East Asia and the Utilization as Bioindicator
 研究代表者
 緒方 一夫（OGATA KAZUO）
 九州大学・熱帯農学研究センター・教授
 研究者番号：40224092

研究成果の概要（和文）：アリ類を生物多様性のバイオインディケーターとして利用することを上位の目的に、分類学的情報の整備とフィールドデータの解析を行った。分類学的研究から新種の記載やシノニムを整理し一部タクサについては検索表を提示し、ウェブ上に公開した。群集生態学的研究から西南日本、ベトナム、タイの農林生態系で定量・定性的なサンプリングを実施し、群集の特性を比較し、対応分析による序列化を行い、そのパターンについて考察を加え、インディケーター種を抽出した。

研究成果の概要（英文）：Present study aims to analyze ant communities of the agriculture and forest ecosystems in terms of the utilization of ants as bioindicators. Taxonomic information of ants in East Asia was reviewed including descriptions of new species and revising synonyms. Based on the qualitative and quantitative samplings in Japan, Vietnam and Thailand, species richness, species compositions, and the abundance were compared among the study sites. The result of detrended correspondence analysis (DCA) showed an ordination of ant communities and that of the indicator species analysis extracted 2 to 9 species representing each of ecosystems.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,800,000	840,000	3,640,000
2008年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
年度			
年度			
総計	6,100,000	1,830,000	7,930,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生物多様性・分類

キーワード：多様性, 熱帯アジア, アリ類, 農業生態系, 森林生態系

1. 研究開始当初の背景

アリ類（ハチ目アリ科）はほとんどの陸上生態系に生息し、種類数も豊富であるため、生物多様性の指標としての利用が試みられてき

た(Anderson, 2000)。農耕地や植林地といった農林生態系は人為的な攪乱を定常的に被っているが、その程度はさまざまである。一般に攪乱の程度が高いほど生物群集の多様性は低

くなると考えられており、アリ群集の多様性はバイオインディケーターとして生態系の評価への活用が期待されている。しかし我が国を含むアジアでは森林保護区や都市公園等などの事例があるが断片的であり、包括的な比較研究がなされていない。その原因の一つには分類情報の整備が遅れていたことによる。

そこで、広域を対象とし、地域群集のパターンを明らかにすると同時に、分類学的な研究を推進し、農林生態系に生息するアリ類の情報を体系化することが必要とされている。

2. 研究の目的

本研究では1) 農林生態系のアリ類群集の解明、2) 農林生態系をモデルとする群集生態理論の検証という2つを目的とし、生態系ベースの分類学的研究といえる。つまりアリ類のバイオインディケーターとしての普遍的利用を標榜し、そのための分類学情報の整備と群集生態学的データの蓄積を行う。

3. 研究の方法

【群集生態学的研究】フィールド調査では15分間単位時間調査法(8ユニット)/ピットフォール法/ウインクラーによるリター抽出法、などにより定量・定性的なアリ採集を実施した。

【分類学的研究】既存のコレクションについて、実体顕微鏡や走査型電子顕微鏡により外部形態を中心に観察、タイプ標本と比較し、新種の記載、シノニムの整理、検索表の提示等をおこなった。

【統計処理】PC-ORD, CANOCO, EstimateS等生態学分析プログラムパッケージを使用した。

4. 研究成果

4-1. 農林生態系のアリ群集の解明

(1) 分類情報の整備

①分類群の再検討: アジアの固有タクサを中心に分類学的な検討を加え、新種の記載、シノニムの整理等を行った。例えば、カドフシアリの仲間(Myrmecini)のクフシアリ(*Perissomyrmex*)については属としてのアイデンティティや系統関係を考察し新種を記載し、生物地理学的考察を加えた(Ogata & Okido, 2007)。また日本産のアギトアリ(*Odontomachus*)属(Yoshimura et al., 2007)と同ハリアリ(*Ponera*)属(Yoshimura et al., 2009)については学名の変更を行い、さらにアジア産のシリアゲアリ属について亜属のレベルで検討を加え、*Physocrema*亜属については検索表を提

示した(Hosoishi & Ogata, 2008, 2009, 2010)。

難分類群の同定についてはDNAバーコードの適用をココバイを材料に検討した(安藤・紙谷, 2009; Kamitani, 2009; 紙谷他, 2008)が、アリ類への適用が望まれる。

②データベースの更新: 日本産のアリ類については『日本産アリ類画像データベース』(アリ類データベース作成グループ)として公開されているが、その一部の情報を更新し、また全種のリスト(276種)をエクセル版として新たに付加した(吉村他, 2008)。これにより、汎用的なインベントリー調査に有効に利用できる。

(2) 森林生態系と農業生態系のアリ群集

森林生態系と農業生態系のアリ群集は多くの点で異なる。例えば森林生態系の林床にはリター性の種が数多く見られまた、熱帯では樹上性のアリ類も多くなる。これに対して、農業生態系は地表が攪乱されリターがほとんど発達しないため地上徘徊性の種が多く、リター性や樹上性のアリは貧弱である。種類組成のみならず、アバんだンスのパターンも異なり、典型的には図1に示すように、農業生態系では数種の圧倒的に優占的な種と多くの頻度の低い種から構成される。森林生態系では優占的な種の相対的なアバんだンスは必ずしも明確ではない場合が多い。

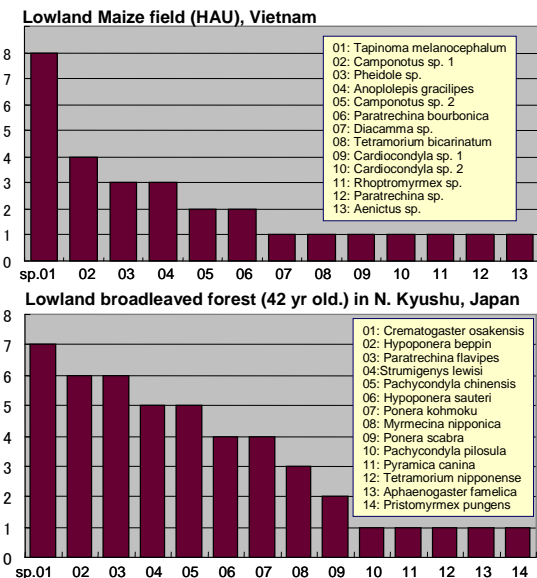


図1. 農業生態系(上)と森林生態系(下)のアリの種のアバんだンス

種数は計測可能なパラメーターで、種の同定が困難であっても形態種として区別することは可能である。アジアでは約140属5000種以上のアリが生息していると見積もられている(緒方, 2006)

が、人為的な活動が行われている農林生態系では40属200~300種程度であろう。

タイ北部での調査では土地利用とアリ群集の多様性を比較し集約的な農耕地(AC), 伐採1年後の森林(F1), 8年後の森林(F8), 森林性の茶園(JT), 高地森林(MF)の順に種数が増加していることが示された(図2)。

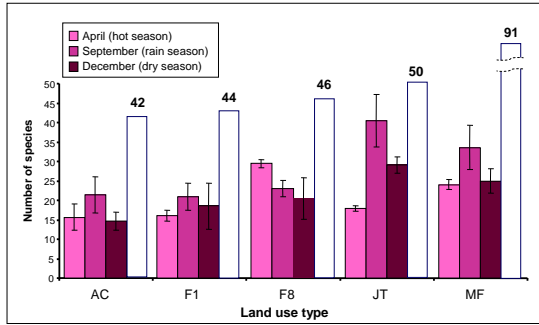


図2. タイ北部の異なる土地利用形態でのアリの種数 (Ogata et al., 2008; Sakchoowang et al., 2008)

森林生態系も連続林や孤立林, 林分の年生や攪乱の程度によって異なり, また農業生態系であっても, 栽培される作物(永年/一年生), 作付けの方式, 管理の方法などによって異なることが予想される。

そこで, 西南日本から本州中部までの森林, 草地, 農耕地の生態系のアリ群集について, 構成アリ種のアバンダンス(頻度)とサイトとの関係について除歪対応分析(DCA)により, 序列化した。その結果, 4つの群集グループが認められた。すなわち, ①北方のオープンランド, ②落葉樹林, ③西南日本のオープンランド, および④西南日本の照葉樹林である。

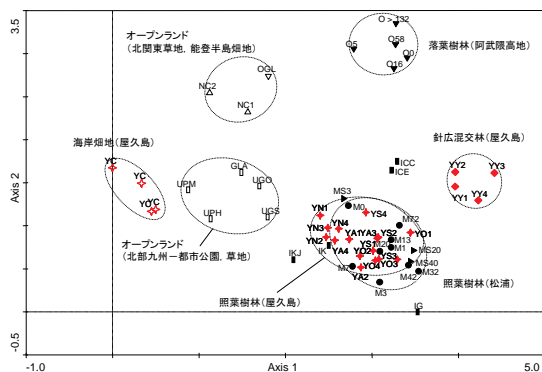


図3. DCAによるサイトの序列化 (赤は屋久島のアリ群集)

この序列化による分析・評価方法の普遍性を検証するため, 同一地域で垂直に生態系が変化する屋久島の調査結果に同様の手法を適用し

た(図3)。前記の4つのアリ群集グループの空間配置と比較すると, 屋久島の沿岸部オープンランドのアリ群集は西南日本の群集グループに隣接するが構成種の要素が多少とも異なっていること, 一方, 照葉樹林のアリ群集は西南日本のものとほぼ重なり, その群集は同質であること, さらに比較的高地の針広混交林のアリ群集はいずれのグループとも異なることが示された。

これらの生態系のアリ群集を特徴づける種を抽出するため, 屋久島から阿武隈高地までの調査結果をインディケータ値を算出しk-means法により解析した。その結果, 本研究で調査した生態系はアリ群集から4つのレベルへと階層的に細分化され, それぞれの群集グループの代表的なアリが2~9種のインディケータ種として明らかとなった(図4)。

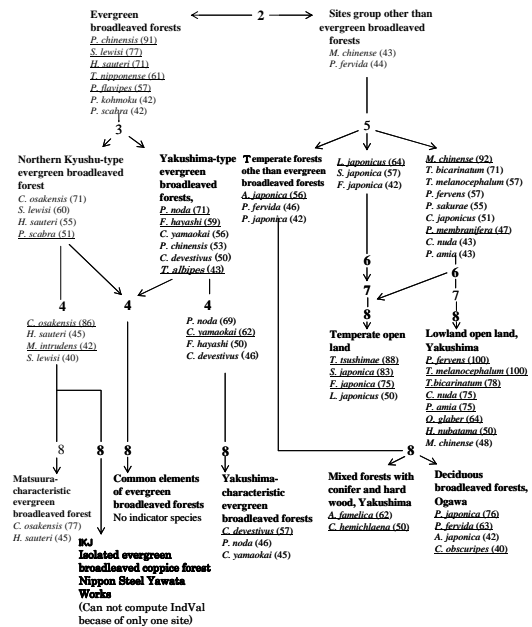


図4. インディケータ種の抽出(データは図3)

以上よりこれまで経験的に「森林性」, 「オープンランド性」として区別されていた種が具体的な根拠をもつ群集構成要素として活用可能である。さらに生態系での植生回復のインディケータとしての利用も可能と思われる。

(3) 東アジアの農業生態系のアリ群集

農耕地についてはタイとベトナムを含む東アジアでのデータも加えDCAにより解析した(図5)。その結果, DCA座標空間ではサイトのプロットはほぼ横軸に沿って緯度順に配置し, アリ種のプロットが北方の群集ほど収束することが示された。このことは, 熱帯・亜熱帯の圃場はアリ群集

の構成種の多様性が高いこと、アバンダンスも多様であることからくるものと思われる。

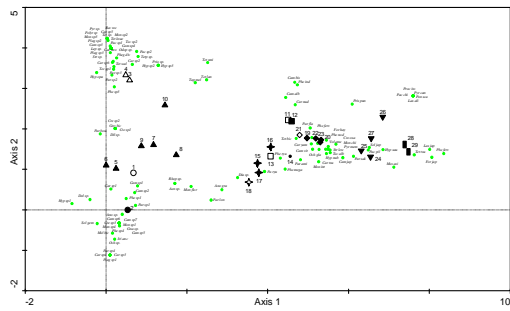


図5. DCAによる東アジア農耕地のアリ群集の序列化 (緑のプロットはアリ種, 白黒のプロットはサイト)

ただし、農業生態系は栽培される作物の生育期間によって1年間で時系列的に環境が変化する。そこで、ベトナムの5種類の農耕地(キャベツ, エンドウ, 水田, サトウキビ, 果樹)でアリ群集をピットフォール法により調査し、各時期のサイトのデータを序列化した(図6)。

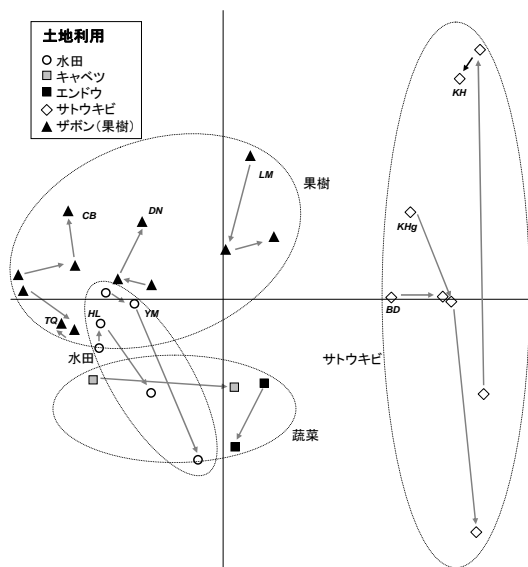


図6. ベトナム農耕地のアリ群集の時系列を考慮した序列化 (矢印は季節変化を示す. Anh & Ogata, 2009より)

その結果、果樹園と野菜栽培地の群集グループは互いに独立しているが、水田の群集グループはこれら両グループに重なるものとして配置された。またサトウキビ圃場はこれら3つのグループとは独立したグループとして示された。サトウキビは一般に株だしで栽培され、1年間を周期として刈り入れ後株だし、薬剤散布、収穫というサイクルをとる。この短い間にアリ群集は攪乱、侵入などにより種類組成やアバンダンスが大きく変化し、農業生態系の中でもユニークな生物多様

性のパターンをもつものと思われる。

定量・定性的な調査で得られたアリ群集のデータはこれまで種数、類似度、多様度指数などにより比較分析されていたが、DCAや二階クラスター分析による手法を用いることにより、アリ群集から見た生態系の特性がより顕著に表わされた。今後の活用が期待される。

4-2. 農林生態系の群集の理論

(1) アリ群集の分析と評価の手法

群集の序列化の手法であるDCAや構成種の生態的特性を用いることにより、アリ群集の特性が明らかとなることが本研究で示された。例えば萌芽更新性の照葉樹連続林の場合、様々な年生林分間で種数には相違はないが、構成するアリ種の分布、索餌層、雌制、食性など生態的特性からは、林齢13年以上の高年生林分でスペシャリスト種の種数や出現頻度が有意に高いことが示された。一方孤立林では、林分間で種数、多様度指数に関し連続林よりも異質性が高いことが示された。これらの結果は、連続林のアリ群集ではパッチ間の移動が容易なため共通性の高いメタ群集を形成し安定した環境でスペシャリスト種が増加するのに対し、孤立林は生成の背景(残存/植栽)、アリ類の侵入の偶然性が影響したものと推察される。ただし、アリ群集の成因とその維持についてはさらなる検証が必要とされる。またアリ群集のフィールドでの調査において、サンプリング手法により採集されるアリ類の採餌層/生息圏に偏向が見られる(図7)。アリ群集の分析と評価に配慮すべき事項として重要であろう。

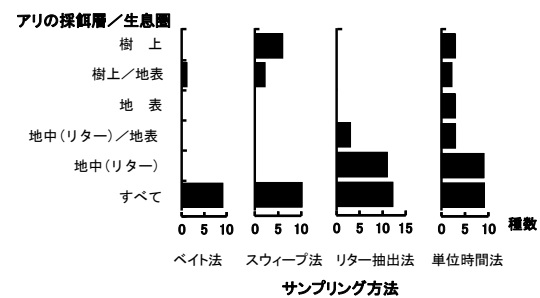


図7. サンプリング方法により得られるアリの採餌層/生息圏の相違

なお、統計的処理(Kasuya, 2010; 久保他, 2008), 被食-捕食の関係(津田他, 2010など), 空間解析(Tuda, 2007など)についても所定の研究成果が得られているが、今後その成果をアリ類の群集解析に応用することが必要で、インディケーターとしての利用には進化学的な観点か

らの群集理論の裏付けを考慮すべきである。

(2) 今後の展望

アリ類を生態系や生物多様性のインディケーターとして利用する場合、次のような情報を用いて群集の特性をパターン化することができる。しかし、それらのパターンの評価や形成の生態学的プロセスについてなお検討すべき課題も残されている。

情報	課題
種数	<ul style="list-style-type: none"> ・攪乱の定量化と種数の関係 ・他の生物群の多様性との相関 ・サンプリング方法への依存性
種類組成	<ul style="list-style-type: none"> ・種レベルまでの同定 ・インディケーター種の抽出とその普遍性 ・希少種/固有種/普通種などのカテゴリー化の必要性 ・インベントリーの精度
出現頻度	<ul style="list-style-type: none"> ・サンプリング方法への依存性 ・季節性
種の特性	<ul style="list-style-type: none"> ・すべての種についての生態的特性 ・アリ種の生息圏とサンプリング特性 ・スペシャリスト/ジェネラリストの区分

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 21 件)

Amano, H., K. Hayashi & E. Kasuya (2007)

Avoidance of egg parasitism through submerged oviposition by tandem pairs in the water strider, *Aquarius paludum insularis*. *Ecological Entomology*

Ayabe, Y., Tuda, M., & Mochizuki, A. (2008) Benefits of repeated mine trackings by a parasitoid of tortuous feeding pattern of a host leafminer. *Animal Behaviour*, 76: 1795-1803

Hosoishi, S. & K. Ogata (2008) The ant genus *Crematogaster* Lund, Subgenus *Physocrema* Forel in the Indochinese Peninsula (Hymenoptera: Formicidae). *Asian Myrmecology*, 2: 1-10

Higuchi, T., S. Kamitani & S. Okudera (2009) Four new species of the harpagonis-group in the genus *Pagaronia*. *Japanese Journal of Systematic Entomology*, 14(2): 253-259

Hosoishi, S. & K. Ogata (2009) A taxonomic revision of the Asian endemic subgenus *Physocrema* of the genus *Crematogaster* (Hymenoptera: Formicidae). *Zootaxa*, 2062: 15-36.

Hosoishi, S. & K. Ogata (2010) A check list of the ant genus *Crematogaster* in Asia (Hymenoptera: Formicidae). *Bulletin of the Institute of Tropical Agriculture, Kyushu University*, 32:43-84

細石真吾・吉村正志・久保木謙・緒方一夫 (2007) 屋久島のアリ類, 蟻 (30): 47-54

Kasuya, E., T. Sameshima & K. Yamamoto (2007)

Ejection of larvae from nests of the paper wasp species *Polistes jokahamae* (Hymenoptera: Vespidae: Polistinae). *Entomologia Generalis*, 30: 187-189

Kasuya, E. (2010) Wilcoxon signed rank test: symmetry should be confirmed before the test. *Animal Behaviour*, 79: 765-767.

久保拓弥・竹中明夫・粕谷英一 (2008) Rで改善する生態学のデータ解析. *日本生態学会会誌*, 58: 219-224.

Ogata, K. & H. Okido (2007) Revision of the ant genus *Perissomyrmex*, with a phylogenetic note on the tribe Myrmecini (Hymenoptera, Formicidae). *Memoirs of the American Entomological Institute*, 80: 252-269.

Sakchoowong, W., S. Nomura, K. Ogata & J. Chanpaisaeng (2007) Comparison of Extraction Efficiency Between Winkler and Tullgren extractors for Tropical Leaf Litter Macroarthropods. *Thai Journal of Agricultural Science*, 40: 97-105.

Sakchoowong, W., S. Nomura, K. Ogata & W. Jaitorong (2008) Diversity of pselaphine beetles (Coleoptera: Staphylidae: Pselaphinae) in eastern Thailand. *Entomological Science*, 11: 301-313

Sakchoowong, W., W. Jaitorong, K. Ogata & S. Nomura (2008) Diversity of soil-litter insects: comparison of the pselaphine beetles (Coleoptera: Staphylidae: Pselaphinae) and the ground ants (Hymenoptera: Formicidae). *Thai Journal of Agricultural Sciences*, 41: 11-18

Sakchoowong, W., S. Nomura, K. Ogata & W. Jaitorong (2008) Ant diversity of forest and traditional hill-tribe agricultural types in Northern Thailand. *Kasetsart Journal (National Science)*, 42: 617-626.

Tuda, M. (2007) Understanding mechanism of spatial ecological phenomena: a preface to the special feature on "Spatial statistics". *Ecological Research*, 22: 183-184

Tuda, M. (2008) A new species of *Bruchidius* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) from *Albizia* in Northern Thailand and a review of *Bruchidius* Group 5. *Zoological Science*, 25: 451-454

Yoshimura, M., K. Onoyama & K. Ogata (2007) The ants of the genus *Odontomachus* (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) in Japan. *Species Diversity*, 12: 89 - 112.

Yoshimura, M., Hosoishi, S., Kuboki, Y., Onoyama, K. & K. Ogata (2009) New synonym and new Japanese record of the ant genus *Ponera* (Hymenoptera: Formicidae). *Entomological Science*, 12: 194-201.

吉村正志・久保田政雄・小野山敬一・緒方一夫 (2008). 日本産アリ類画像データベース2003年度以降の変更点. 蟻 (31) :13-28.

Yukawa, J., K. Kiritani, T. Kawasawa, Y. Higashiura, N. Sawamura, K. Nakada, N. Gyotoku, A. Tanaka, S. Kamitani, et al. (2009) Northward range expansion by *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) in Shikoku and Chugoku Districts, Japan, possibly due to global warming. *Journal of Applied Entomology and Zoology*, 44: 429-437

〔学会発表〕(計 15 件)

- 安藤藍子・紙谷聡志 (2009) DNAバーコードを用いた日本産ヨコバイ科の同定(カメムシ目: ヨコバイ科). 第69回日本昆虫学会大会. 2009.10.12. 三重大学
- Byeon, Y.-W., Tuda, M., Takagi, M., Kim, J.-H., Kim, Y.-H. (2009) Spatial distribution and functional response of aphid parasitoid, *Aphelinus asychis* (Hymenoptera: Aphelinidae), attacking green peach aphid, *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae), in the laboratory. 日本応用動物昆虫学会大会. 2009.03.28. 札幌
- Kamitani, S. (2009) Molecular identification of leafhoppers (Hemiptera: Cicadellidae) with DNA Barcode. 6th Asia-Pacific Conference of Entomology. 2009.10.20. Beijing, CHINA
- 紙谷聡志・田鶴原陽平・太田綾子 (2008) DNAバーコードを用いたヨコバイ類の同定. 日本昆虫学会. 2008.9.14. 香川大学
- Le Ngoc Anh & K. Ogata (2009) Ants of agroecosystems in Northern Vietnam. ANeT International Workshop. 2009.11.29. チボダス、インドネシア
- Ogata, K. & Y. Kuboki (2007) Ants in agroecosystems: a case study of sugar cane fields. ANeT International Seminar. 2007.10.10. バティアラ、インド
- Ogata K., K. Takasu, N.H. Anh, H.T.T. Giang & M. Takagi (2007) Winter Crop Problems Associated with Intoduction of Hybrid Rice: Protection of Cruciferous Crop against DBM. International Seminar in Hanoi Agricultural University. 2007: "Hybrid Rice and Agroecosystems" 2007.11.26. ハノイ(ベトナム)
- Ogata, K., W. Sakchoowang, Y. Kuboki and W. Jaitrong (2008) Using ants to measure a degree of human disturnances in agroecosystems. International Symposium "Interdependeceies between upoland and lowland agriculture and resouce management" 2008.4.3. University of Hohenheim, Stuttgart, Germany
- Tuda M. (2009) Genetic diversity of *Torymus* species among islands off Kyushu. Japan-Italy International Symposium on Biological Control of Chestnut Gall Wasp. 2009.11.24. つくば
- Tuda M. (2009) Evolutionary diversification of bean beetles: climate-dependent traits and development associated with pest status. Journal of Experimental Biology Symposium: Survival in a Changing World. 2009.8.3. 淡路島
- Tuda M, Matsuo K, Yara K, Kagoshima K, Murakami Y, Ohkubo N, Moriya S (2010) Genetic diversity of *Torymus* species among islands off Kyushu. S. Moriya, ed. "A global serious pest of chestnut trees, *Dryocosmus kuriphilus*: yesterday, today and tomorrow", pp. 26-29.

- 津田みどり、川平清香、山道真人、佐々木顕 (2008) 軍拡競争:コンフリクトと逃げる・追いかける進化. 個体群生態学会大会. 2008.10.18. 東京
- 津田みどり・和田志乃・Ah Nge Htwe (2010) 被食者の遺伝的多様性が被食者-捕食者系の持続性に与える影響. 第57回日本生態学会大会. 2010.3.17. 東京
- 山中武彦・手柴真弓・堤隆文・津田みどり (2009)果樹カメムシ誘導防除の可能性と被害の空間解析. 日本応用動物昆虫学会大会. 2009.03.29. 札幌
- 柳真一、津田みどり (2009) 密度依存的な母性効果における生活史形質の遺伝的発現. 日本生態学会大会. 2009.03.19. 盛岡

〔図書〕(計 4 件)

- 緒方一夫 (2007) アリ科. 平嶋義弘・森本桂監修『新訂原色昆虫大図鑑III』北隆館, pp.537-540.
- 吉村正志・鶴川義弘・緒方一夫・小野山敬一・今井弘民・久保田政雄 (2007) 『日本産アリ類データベース2008』、アリ類データベース作成グループ2008 (CD版)
- 東正剛・緒方一夫・S.D.ポーター(東典子訳) (2008) 『ヒアリの生物学-行動生態と分子基盤』 206 pp., 海游舎
- 緒方一夫 (2009) アリの世界. 『昆虫のヒミツ:九州大学総合研究博物館平成21年度公開展示』九州大学総合科学博物館 pp.8-9

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

日本産アリ類画像データベース

<http://ant.edb.miyakyo-u.ac.jp/J/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

緒方 一夫 (OGATA KAZUO)

研究者番号 : 40224092

(2) 研究分担者

粕谷 英一 (KASUYA EIICHI)

九州大学・大学院理学研究院・准教授

研究者番号 : 00161050

紙谷 聡志 (KAMITANI SATOSHI)

九州大学・大学院農学研究院・准教授

研究者番号 : 80274520

津田 みどり (TSUDA MIDORI)

九州大学・大学院農学研究院・助教

研究者番号 : 20294910