

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17日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22510247

研究課題名（和文）外来ペット昆虫の生態リスク評価と管理へのDNAバーコーディングの応用

研究課題名（英文）Application of DNA barcoding to the ecological risk assessment and management of exotic pet insects

研究代表者

荒谷 邦雄（ARAYA KUNIO）

九州大学・大学院比較社会文化研究院・教授

研究者番号：10263138

研究成果の概要（和文）：

本研究では、DNA バーコーディングの技術を活用して、形態では識別の困難な成虫や幼虫に対して、専門的な予備知識を必要としない簡易かつ正確な種や亜種同定法を確立することを主軸に、この同定法と、形態、行動、生態など、様々な角度から網羅的に収集したそれぞれの種や亜種の特性に関する知見とを組み合わせ、総合的な観点から外来ペット昆虫の生態リスクを評価・管理する体制の整備を目指した。

研究成果の概要（英文）：

We tried to apply DNA barcoding technique to the ecological risk assessment and management of exotic pet insects such as beetles, butterflies, water bugs and dragonflies by identifying the place of their detailed origin, and by identifying their larvae and female adults having typically fewer diagnostic characters than male adults.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	1,100,000	330,000	1,430,000
総計			

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：資源保全学

キーワード：外来種、ペット昆虫、DNA バーコーディング、生態リスク、生物多様性保全、コガネムシ上科、クワガタムシ科、トンボ目

1. 研究開始当初の背景

外来生物は在来種の捕食や駆逐、競合や交雑、随伴する寄生物や病気の媒介等により、在来の生物多様性や生態系に極めて深刻な影響を与える。しかも外来生物は、一度定着すると根絶が極めて難しい場合が多く、定着地点の生態系に永続的に影響を及ぼし続ける可能性があり、野外定着前に早急な予防的措置を講じる必要がある（IUCN, 2004）。1999年以

降、日本では、植物防疫法の大幅な輸入規制緩和によって、外国産クワガタ・カブト類の生体がペットとして大量に輸入・販売されるようになったことをきっかけに、従来の輸入農作物への随伴に代表される非意図的な侵入に加えペットとして意図的に導入された外来昆虫の侵略性に係わる問題が深刻化してきた。

この状況下、2004年6月には「外来生物法」が施行されたが、同法の規制対象外とされた

外国産クワガタ・カブト類の生体の輸入量は、一向に減少することなく、2005年の190万頭をピークに、その後も年間輸入個体数が常時100万頭を超える状態にある。大量輸入と累代飼育がくり返された結果、日本国内に存在する外国産種の個体は膨大な数に達しているものとみなされ、逸出や意図的な放虫と見られる外国産種が野外で発見される例も増加の一途を辿り、規制緩和以降で150例近くに達している（細谷・荒谷，2009）。クワガタやハナムグリでは外国産種との交雑個体も発見されている。一方、このクワガタ・カブトブームの影響で、最近では、その他の外国産昆虫類の愛好にも拍車がかかり、各種ハナムグリ類や水生昆虫類など、様々なペット昆虫の輸入・流通量が著しく増加した。その結果、特に人気の高い東南アジア産のタガメやタイコウチ、大型ゲンゴロウ類などの水生昆虫類の定着が懸念される事態に至っている。さらに、匿名性の高いインターネットを通じた売買が容易になったことで、特定外来生物に指定されたテナゴガネ類や、植物防疫法で輸入が禁止されている蝶やナナフシなどの規制対象種の密輸・販売をも横行させることになった。こうした現状にあって、外来ペット昆虫の逸出状況やその動態を正確に把握し、野外に定着する前にそれぞれの種や亜種の行動や生態的特性に応じた的確な対策を迅速に実施することが緊急かつ重要な課題となった。しかし、厄介なことに、多くのクワガタ・カブト類では、大型の雄に比べて特徴が表れにくい雌や小型の雄を外部形態のみに基づいて種や亜種を正確に同定するにはかなりの専門的な予備知識が必要である。実際、申請者（荒谷）は、平成18～20年に基盤研究(C)「外来コガネムシ上科甲虫の生態リスク評価」を実施した中で、外国産種の逸出個体の情報の収集に努めたが、寄せられた情報の内訳をみると、一見して日本産の在来種との違いが顕著な大型の雄成虫に片寄っており、同定の困難な雌については外国産種と気付かずに見逃されている可能性が極めて高いことがうかがえた。しかも、外来生物法施行後も続いた植物防疫法の規制緩和によって、現在輸入可能となっているクワガタ・カブト類はあわせて850種に達し、従来の同定の拠り所であった図鑑には掲載されていない多数の「珍種」までもが輸入・販売される状態に至ったことで、雌や小型雄個体に関する正確な同定はますます困難な状況になってしまった。また、ハナムグリなどの甲虫や水生昆虫には雌雄とも外部形態では識別困難な近縁種が多数存在する。さらに幼虫の場合は、どの昆虫の分類群でも属レベルの同定さえ極めて困難である。そこで、本研究では、DNAバーコーディングの技術（Hebert, et al., 2003）を活用して、形態で

は識別の困難な成虫や幼虫に対して、専門的な予備知識を必要としない簡易かつ正確な種や亜種同定法を確立することを主軸に、この同定法と、形態、行動、生態など、様々な角度から網羅的に収集したそれぞれの種や亜種の特性に関する知見とを組み合わせ、総合的な観点から外来ペット昆虫の生態リスクを評価・管理する体制の整備を目指す必要があった。本研究によって、外来ペット昆虫の正確かつ簡易な識別が普及すれば、逸出個体や交雑個体の発見も容易となり、定着を未然に阻止するための的確な対策を迅速に講じ、リスクの軽減に繋げることが期待された。

2. 研究の目的

外国産ペット昆虫の輸入・流通量の著しい増加に伴い、近年、意図的に導入された外来ペット昆虫の侵略性に係わる問題が急速に顕在化してきた。この現状にあって、外来ペット昆虫の逸出状況や攪乱の実態を正確に把握し、野外に定着する前にそれぞれの種や亜種ごとにその行動や生態の特性に応じた的確な対策を迅速に実施することが急務である。しかし、こうした外来ペット昆虫には、外部形態では同定が困難な種も多い。そこで、本研究では、DNAバーコーディングの技術を応用して、簡易かつ正確な同定法を確立することを主軸に、形態、行動、生態などそれぞれの種や亜種の特性に関する知見を様々な角度から網羅的に収集・統合し、総合的な観点から、外来ペット昆虫の生態リスクを評価・管理する体制の整備を目指した。

3. 研究の方法

本研究では、輸入と流通の現状から予想される緊急性と生態リスクの大きさを勘案して、東南アジアに産するペット甲虫（主としてクワガタムシ科やカブトムシ科等）、および水生昆虫（水生甲虫とトンボ類）を主な対象として選定し、各対象について以下のように段階的に研究を実施した：1）ミトコンドリアCOI遺伝子の特定領域約700塩基対を基本とする対象分類群の各タクサ（種や亜種）の同定に最適な指標DNAバーコードの開発；2）指標DNAバーコードを活用した、大型雄成虫／小型雄成虫／雌成虫／幼虫の対応づけ；3）従来の分類学的知見とDNAバーコードの知見を摺り合わせた新タクサの記載を含む分類学的な再検討の実施、4）現地調査によるタクサごとの行動や生態面での特性に関する詳細なデータの収集；5）飼育実験によるタクサごとの生態リスクに関する評価；6）個々のタクサの特性に応じた予防的措置の検討；7）成果の公表とさらなる情報収集体制の整備。

4. 研究成果

(1) 2010年度は室内での解析と飼育実験と合わせ、南西諸島をはじめとする国内に加え、日本へ輸入されるカブトムシ・クワガタムシなどのペット昆虫の主要原産国である台湾、およびインドネシアで野外調査と解析用のサンプル採取を実施した。その結果、以下のような成果を得た。

まず、コガネムシ上科の甲虫に関しては、人気ペット甲虫として多数の生体が輸入されている世界のミヤマクワガタ属の種に関してDNAバーコーディング解析を実施し、雌雄の対応はもちろん、亜種レベルでの判別にDNAバーコーディングが有効利用できることを実証した。また、クワガタ属に関して、DNAバーコーディングに先立ち、同定の困難な雌を対象に、形態を用いた種同手法の確立のために雌交尾器の形態の比較検討を行った。さらに、調査研究の過程で未記載種であることが判明したボルネオ産、およびスマトラ産のコツメクワガタ属の2新種を記載したほか、雌のみで記載され、これまで雄が知られていなかったボルネオ産のムルハネナシネブトクワガタの雄を初めて記載した。加えて、ヒラタクロツヤムシ属の1新種もマレー半島から記載した。カブトムシに関しては、固有亜種オキナワカブトムシが生息する沖縄本島にペットとして持ち込まれた本土亜種のカブトムシがすでに一部定着している可能性が高いこともDNA解析の結果から裏付けられた。

ゲンゴロウ類に関しては、福岡県のキボシツブコツブゲンゴロウや京都府のコガタノゲンゴロウなど進化的に重要な保全単位たる在来希少種の分布に関する新知見を得たとともに、コガタノゲンゴロウは人為的な放虫が疑われる個体群のサンプルも採取し、DNAを解析中である。

蝶類では、近年になって個体数が著しく増加し、観光バタフライファームからの野外への逸出など人為分布が疑われる宮古群島のナガサキアゲハに関して、斑紋、およびバーコーディング領域を含むDNA解析を実施し、本個体群が、沖縄本島から移入された個体群が起源となっている可能性が極めて高いことを明らかにした。

これらの成果の一部は学会誌を含む専門雑誌に論文として掲載されたほか、学会講演でも公表された。また、本研究成果に基づいた審議の結果、愛知県の条例で代表的なペット甲虫である外来クワガタムシ類が移入種に指定され飼育放棄や放虫行為が禁止されるなど社会的にも大きく貢献した。

(2) 2011年度は室内での解析と飼育実験と合わせ、国内では南西諸島や伊豆諸島で、

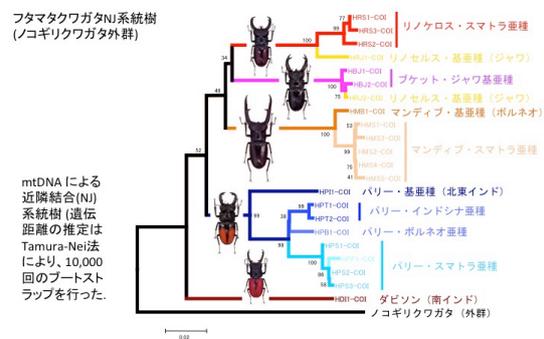
また、海外ではベトナムで野外調査と解析用のサンプル採取を実施し、以下のような成果を得た。

まず、アジア産のフタマタクワガタ属に関してDNAバーコーディング解析を実施し、雌雄の対応はもちろん、亜種レベルや産地の特定に有効利用できることを実証したことに加え、ジャワ産のリノケルスフタマタクワガタの雌として販売されていた個体が、実はブケットフタマタクワガタの誤同定であったことや、2009年に福岡市で採集されたセアカフタマタクワガタの雌の産地がスマトラであったことも突き止めた。また、分類学的な貢献として、スマトラ産のコツメクワガタ属やマレー半島産のヒラタクロツヤムシ属の新種を記載したことに加え、雌のみで記載され、これまで雄が知られていなかったボルネオ産のムルハネナシネブトクワガタの雄を初めて記載した。

国内産では、オオクワガタ属の系統解析も実施したほか、福岡市の海岸で拾得された大型の外国産ヒラタクワガタの新鮮な死骸がスマトラオオヒラタクワガタであることを明らかにした。

水生昆虫類に関しては、DNA解析によって、神奈川県で発生していたトンボの不明種が東南アジア産の *Pseudagrion australasiae* であったことを明らかにしたが、これは、水生生物の飼育資材としての水草に随伴して移入されたと考えられる興味深い事例である。また、ベトナムからヤンマ科やサナエトンボ科の新タクサも記載した。

以上の成果の一部は学会誌を含む専門雑誌に論文として掲載されたほか、学会講演でも公表された。また、雑誌「昆虫と自然」における「ペット昆虫の外来種問題」の特集や、ペット甲虫の飼育法に関する著書を通じて外来種問題を社会に啓蒙した。



(3) 2012年度は、海外調査として、まず8月に日本に輸入されるクワガタムシやカブトムシ等のペット甲虫生体の最も主要な産

地の一つであるインドネシア・スマトラ島北部で生態リスク評価の重要な基礎データとなる生態・行動調査とDNAバーコーディングによる判定の基準となるタクサの採集を実施した。また、1月にはアフリカ東部沿岸のセーシェル諸島において、10年程前から定着が確認されていた東南アジア産のチェリファーネブトクワガタに関して、近年における分布拡大や個体数増加の状況とともに、在来の腐朽材穿孔性甲虫類への影響など生態リスクに関して調査した。国内では、トカラ列島で外来種侵入状況の調査（7月）、三重県での定着が確認されたペット甲虫フェモラータモモブトハムシの分布拡大状況に関する調査（11月）、沖縄本島での外来甲虫であるサカイシロテンハナムグリの分布拡大や在来種との交雑状況に関して幼虫期に注目した調査（2月）、ペット起源と考えられる外来昆虫の採集記録が連続している広島県での調査（3月）をそれぞれ実施した。これら国内外の調査では、DNAバーコーディング解析用の試料の採取も実施し、正確なタクサの同定や定着した外来種の原因の特定を試みた。また、保全すべき在来の進化的重要単位の検出も実施した。

上記の調査・研究の結果、スマトラから記載以来、謎の種とされてきた *Eurytrachelus dorcoides* の正体が、多数の生体が日本に輸入販売されているラマヒラタクワガタであることを突き止めるなどの成果を得た。また、DNAバーコーディング解析の結果も一部利用して、日本産のトンボ目の分類学的再検討も実施した。これらの成果は、国内外の専門雑誌や学会で公表した。また、成果を取り入れた啓蒙用の一般書や同定用の図鑑の執筆も実施した。さらに、「コガネムシ研究会」のサイトを利用した外来種に関する情報収集も開始した。今後は同サイトを利用した社会への情報発信や啓蒙活動も実施していく。

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34件)

- ① Araya K. and Y. Murai. Description of the second species of the genus *Chewlucanus* Ikeda et Katsura, 2000 (Coleoptera, Lucanidae) from Sarawak, Malaysia in Borneo. *Entomological Review of Japan* 査読有 65(2) 2010: 375-383.
- ② Araya, K., & Fujioka, M. Notes on the Third New Species of the Genus *Chewlucanus* Ikeda et Katsura, 2000 (Coleoptera, Lucanidae) described from North Sumatra. *KOGANE 査読有* 12. 2011: 87-92.
- ③ Araya, K., & M. Kon. Redescription of the Male of *Aegus hikidai* Araya, 1994 Originally Described from Mt. Mulu, Sarawak, Malaysia in Borneo. *Spec. Publ. Jpn. Soc. Scarabaeoidology* 査読有 (1). 2011:143-148.
- ④ Tadatsugu HOSOYA. Records of the exotic and pest beetle *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera, Scarabaeidae, Dynastinae) from Takara Island in the Tokara Islands. *Elytra New Series*, Tokyo, 1(2) 2011: 209-210.
- ⑤ Johki, Y., K. Araya & M. Kon. A New Species of *Leptaulax* (Coleoptera, Passalidae) from the Malay Peninsula. *Spec. Publ. Jpn. Soc. Scarabaeoidology* 査読有 (1). 2011:149-152.
- ⑥ MANH CUONG DO & HARUKI KARUBE, *Nihonogomphus schorri* sp. nov. from Huu Lien Nature Reserve, Lang Son Province, Vietnam (Odonata: Gomphidae). *Zootaxa* 査読有 2831. 2011: 63-68.
- ⑦ 荒谷邦雄・鶴田幸成・山口大輔. 福岡市東区志賀島の海岸で晩秋に拾得されたスマトラオオヒラタクワガタ雄の新鮮な死骸. *Pulex* (日本昆虫学会九州支部会誌) 査読無 (90) 2011:582-583.
- ⑧ 荻部治紀・二橋 亮・小田島樹・小田島篤・小田島薫, *Pseudagrion australasiae* Selys を神奈川県で採集-人為的移入の可能性の検討. *Tombo*, 査読有 53. 2011: 103-106.
- ⑨ Kunio Araya, Notes on *Eurytrachelus dorcoides* Nagel, 1939 from Sumatra, a junior synonym of *Dorcus rama* (Boileau, 1897) (Coleoptera, Lucanidae) *KOGANE 査読有* (13) 2012: 147-150.
- ⑩ Karube, H., R. Futahashi, A. Sasamoto and I. Kawashima, Taxonomic revision of Japanese odonate species, based on nuclear and mitochondrial gene genealogies and morphological comparison with allied species. Part I. *Tombo*, 査読有 54 2012: 75-106.
- ⑪ Karube, H. True generic identity of *Onychogomphus viridicostus* (Oguma, 1926) (Odonata, Gomphidae) *Tombo*, 査読有 54 2012: 123-126.
- ⑫ 荒谷邦雄. 深刻化するペット甲虫の外来種問題. *昆虫と自然* 査読無 47(1) 2012:2-3.
- ⑬ 荒谷邦雄・細谷忠嗣・西田伸外国産クワガタムシ類の生態リスク評価へのDNAバーコーディングの応用. *昆虫と自然* 査読無 47 (1) 2012: 16-19.
- ⑭ Yuta Ito, Ayane Harigai, Moe Nakata, Tadatsugu Hosoya, Kunio Araya, Yuichi Oba, Akinori Ito, Takahiro Ohde, Toshinobu Yaginuma & Teruyuki Niimi,

2013. The role of doublesex in the evolution of exaggerated horns in the Japanese rhinoceros beetle. EMBO Reports. 査読有 2013. (in press). <http://www.nature.com/embor/journal/vaop/ncurrent/pdf/embor201350a.pdf>

- ⑭ Kunio Araya, Tatsuya Mishima & Masahiro Kon, 2013. Passalid beetles (Coleoptera, Passalidae) collected from Phnom Bokor National Park in southern Cambodia, with a new record of *Leptaulax pacholatkoii* Iwase from Cambodia. KOGANE 査読有(14) 2013 (in press)

[学会発表] (計 37 件)

- ① 荒谷邦雄・細谷忠嗣・西田伸. 外来ペット昆虫の生態リスク評価と管理へのDNAバーコーディングの応用〜クワガタムシ科への応用 (予報) 第1回 (新) 日本甲虫学会大会 (大阪市立自然史博物館) 2010年11月14日
- ② 荒谷邦雄・細谷忠嗣. 要注意外来生物クワガタムシ類の最新情報. 小集会: 侵略的外来生物問題その4: 外来昆虫管理の今後のあり方. 第55回日本応用動物昆虫学会大会 (九州大学・福岡) 2011. 3. 29. <基調講演>
- ③ 岸本年郎・苅部治紀・吉武啓・馬場友希・宇津木望・加藤英俊・伊藤元己, 2011, 「小笠原諸島の土壌甲虫相」 第34回日本土壌動物学会大会 定山溪ビューホテル (北海道札幌市) 2011. 5. 28.
- ④ 苅部治紀・佐野真吾・長崎和則・諏訪部晶・梅田孝, 2011. 「横浜市でのリュウキュウベニイトトンボの発生状況と駆除のこころみ I I」 日本蜻蛉学会大阪大会 2011. 11. 13. 大阪市立自然史博物館
- ⑤ 苅部治紀, 南関東で拡散を開始したリュウキュウベニイトトンボについて. 日本生態学会第60回大会, 静岡コンベンションアーツセンター. 2012. 3. 7.
- ⑥ 苅部治紀・諏訪部晶, 「神奈川県および山梨県におけるホソミイトトンボの急速な分布拡大について 第3報」. 日本蜻蛉学会大阪大会 2011年11月13日 大阪市立自然史博物館 (ポスター発表)
- ⑦ Tadatsugu Hosoya, & Kunio Araya. Phylogeography of four stag beetle groups (Coleoptera, Lucanidae) in the Ryukyu Archipelago, Japan. 24th International Congress of Entomology (Daegu, Korea) August 20-22, 2012.
- ⑧ H. Karube and T. Odajima: Northing of *Aciagrion migratum* in Kanagawa Prefecture, Japan. International congress of Odonatology, 2012, Odawara, Poster..
- ⑨ H. Karube & M. Fukui: Serious impact on the domestic dragonflies by invasive alien species: the case in Japan. International congress of

Odonatology, 2012, Odawara, 1. VIII. 2012.

[図書] (計 8 件)

- ① 細谷忠嗣・荒谷邦雄. 2010. 第7章 ペット昆虫としてのクワガタムシ・カブトムシ類における外来種問題、村中孝司・石濱史子 (種生物学会) 編、種生物学研究 第33号 「外来生物の生態学 (進化する脅威とその対策)」、第2部 外来生物を脅かす外来生物、pp. 135-159, pl. 3. 文一総合出版, 東京. ISBN 978-4-8299-1080-1 査読有
- ② 荒谷邦雄・細谷忠嗣 (2010) 日本のクワガタムシ・カブトムシ類における多様性喪失の危機的状況. 環境 Eco 選書 1 「日本の昆虫の衰亡と保護」(石井実編) 北隆館. 東京, p. 36-52.
- ③ 苅部治紀, 2010. 日本のトンボの衰亡とその保護. 環境 Eco 選書 1 「日本の昆虫の衰亡と保護」(石井実編) 北隆館. 東京, p. 53-67.
- ④ 荒谷邦雄. (2012) カブトムシ. In: 研究者が教える動物飼育 第2巻—昆虫とクモの仲間— p. 92-103.
- ⑤ 荒谷邦雄. (2012) クワガタムシ. In: 研究者が教える動物飼育 第2巻—昆虫とクモの仲間— p. 104-121.
- ⑥ 岡島秀治・荒谷邦雄 (監修) (2012) 日本産コガネムシ上科標準図鑑 学習研究社 300pp.

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]

ホームページ等

<http://hyoka.ofc.kyushu-u.ac.jp/search/details/K000473/index.html>

<http://hyoka.ofc.kyushu-u.ac.jp/search/details/K003249/>

<http://nh.kanagawa-museum.jp/staff/data/st5.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

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

(2) 研究分担者

細谷 忠嗣 (HOSOYA TADATSUGU)
九州大学大学院比較社会文化研究院・助教
研究者番号：90467944

(3) 連携研究者

荻部 治紀 (KARUBE HARUKI)
神奈川県立生命の星・地球博物館・
主任学芸員
研究者番号：50261194