

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 22 日現在

機関番号：82701

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2013

課題番号：22770090

研究課題名(和文) 日本産ガロアムシ目の分類学的研究：分類資料コレクションの構築と公開

研究課題名(英文) Taxonomic revision of Japanese Grylloblattodea: construction and publication of collection

研究代表者

内船 俊樹 (UCHIFUNE, Toshiki)

横須賀市自然・人文博物館・その他部局等・学芸員

研究者番号：20463086

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円、(間接経費) 1,020,000円

研究成果の概要(和文)：日本産ガロアムシ類(昆虫綱・ガロアムシ目)6種の分類学的再検討に向けて、日本各地からガロアムシ類を収集し、標本を形態データや画像とともにコレクションし、共同研究による分子系統解析を行った。原記載以来再検証されなかった西日本産2種(チュウジョウムシとイシイムシ)の確保に成功、これら2種のそれぞれ種としての特異性を確認するとともに、6種間の雌成虫の形態に基づく比較検討を行った。

研究成果の概要(英文)：To revise Japanese Galloisiana 6 species (Insecta, Grylloblattodea), specimens were collected from about 70% of prefectures, organized with their morphological data and pictures and used for molecular analysis of a joint research. Two western Japanese Galloisiana species which had never been revised since their description were collected and showed their uniqueness as a species, respectively. Japanese Galloisiana 6 species were compared with each other from a standpoint of female body characters.

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：ガロアムシ 分類 博物館 分布

1. 研究開始当初の背景

昆虫綱ガロアムシ目は、日本をはじめ朝鮮半島、ロシア沿海州、北米ロッキー山脈のいわゆる環太平洋地域に1科20数種が分布する、世界最小規模の昆虫である。本目の化石記録は古生代石炭紀にまでさかのぼり、その外観は化石群が翅を有していた点を除けば現生種に酷似しており、それゆえ「生きている化石」として有名である。本目はまた、翅を欠き、山岳地域や洞窟などの冷涼・湿潤な気候に局在する土壌性肉食昆虫で、成虫まで約4年の期間を要する。このような、土壌中の高次消費者で、移動能力が低く、安定した環境に依存する生態をもつ点から、本群は日本の環境指標昆虫の1つに選定されている。

生物多様性条約(CBD)の地球環境悪化に対する緊急的プログラムの1つに、世界分類学イニシアティブ(GTI)がある。これは、生物多様性モニタリングに必要な分類学的キャパシティの向上(タクソノミストの増加と分類学的情報の共有化)を目指している。日本は、ガロアムシ類の世界的なホットスポットの1つで、約4分の1の種数(6種)を占め、上記の環境指標昆虫として、約30年前に全国的な分布・生息密度調査が実施され、約9割の都道府県で本群の生息を確認した。つまり、日本はガロアムシ目の世界的な分類学的研究において重要な場所であり、近年では、ロシアや韓国で新種記載や一部の新属新設などがあったことから、日本産ガロアムシ目の分類学的情報についての世界的な関心が高まっている。しかしながら、日本における本目の分類学的研究は、約50年前までに既知種全てが記載されて以降、調査等ともなって分布・個体情報がわずかに更新されているのみで、不十分なまま進展がない。例えば、上記の全国的な調査などは、種を分けることなく「ガロアムシ類」として扱ったり、明らかな未記載種とみられる個体群を放置したままになったりしている。この状況は、限定された生息場所・低い生息密度・長い生活史といった特性をもつ本目が、野外ではほとんどの場合幼虫の状態ではしか入手できないことと大きく関係している。すなわち、1) 現在成虫のみで記載されている分類形質が採集幼虫の同定に適用できない点や2) 新たな分類学的検討に十分な数の成虫の入手が困難な点が、分類学的研究の進展を妨げている。

申請者はこれまで日本産ガロアムシ目の発生学的研究を行い、その材料に好適な種および生息地の選定のため、本州中部を中心にサーヴェーを行い、観察資料を効率的に入手するための採集法や飼育法を工夫し、飼育下で交尾や採卵に成功、ヒメガロアムシの詳細な形態学的観察を含む胚発生過程の記載を行った。これをもとに、ガロアムシ目の形態の基本体制を明らかにするとともに、昆虫類の形態グラウンドプランやその進化的変遷についての議論を行い、最も近縁な昆虫カク

トアルキ目の発生学的研究を担当するに至った。このように、ガロアムシ目とその近縁群に深く関わる研究を行ってきた中で、申請者は本目の分類学的研究の不十分さと、その同定・研究における問題や困難さに気づいたが、同時に申請者自身の有する本目の生態情報や飼育・形態観察に関する経験や手法が、こうした状況にブレイクスルーをもたらすことを確信した。そこで、申請者は前年度に他財団の研究助成(財)藤原ナチュラルヒストリー振興財団平成21年度採択課題:「日本産ガロアムシ類昆虫の分類学的研究」(単年度)を受け、採集調査と飼育環境整備を行う一方、当時来日した海外研究協力者であるS.D. Schoville 博士と「気候変動がもたらした日本産ガロアムシ類の種分化への影響」(日本学術振興会外国人特別研究員[欧米短期]採択課題 受入研究者:町田龍一郎筑波大教授)についての共同研究を行っている。こうした中で、申請者は現在、採集を通して入手した28地点約100個体の日本産ガロアムシ類を飼育している。

2. 研究の目的

前述のガロアムシ目の分類学的研究における困難を打破し、日本における本目の分類学的研究体制を確立するため、採集や飼育を通して本目の国内生息地および発達段階を網羅し、それらの各標本(一次資料)を、その形態・分子データ(二次資料)とともに参照可能にした「日本産ガロアムシ目分類資料コレクション」を構築する。このコレクションは、本目の分類学的研究の核となる。また、本研究の当初課題として、島や山系、洞窟ごとに隔離された個体群からなる本目において、「種」に関する再検討・再定義を行う。具体的には、既知種6種の模式産地のコレクションを形成し、うち3種が近接もしくは重なり合う地域(ホットスポット)のコレクションを充実させ、本目の分類学的基盤の確立と種の再検討を優先して行う。

本申請の研究期間(4年)においては、まず、上記の「種に関する分類学的基盤の確立と種の再検討」の完遂を目指す。これと並行して、「分類資料コレクション」の構築を、国内の生息地を網羅するように進めていき、期間内に30年前の全国調査地点数ベースで7割(約100地点)の生息地の個体を手、これをもとに形態・分子データを収集していく。こうして得られた成果は、日本産ガロアムシ類の種に関する再検討や新種記載、種それぞれに対して発達段階を網羅した形態学的分類形質一覧などの形で、論文・学会を通して逐次発表する。

このような分類学的資料(情報)の集積事業は、当然、国際的な共有化に寄与する方向での展開が要求される。そこで、本研究の成果を国際誌や国際学会でも発表する一方、上記「分類資料コレクション」をWebで公開して分類学的情報の発信・集約の場とし、ガ

ロアムシ目の世界的な分類学的情報の共有化を主導することを目指す。そこで、本研究では国内外に向けた情報共有拠点として、初年度より「日本産ガロアムシ目調査研究サイト」(和英併記)を Web 上に開設し、1) 本目の分類学的情報を世界規模で共有するとともに、2) Web による協力者・協力団体からの資料・情報提供に基づくコレクションの効果的な発展や、3) 公開した分類学的情報に基づいて種同定やモニタリングができる人材の育成を目指す。

3. 研究の方法

「日本産ガロアムシ目分類資料コレクション」の構築は本研究の核であり、申請者の所属研究機関において継続して行っていく事業である(一部機関外で実施)。具体的には下記の3点であり、初年度にコレクションの構築体制を確立させる。

- (1) 申請者の採集調査および協力者からの送付による広域的収集と、飼育による発達段階補完
- (2) 体各部のサイズや色、棘毛数など約30項目の計測・記録による、外部形態情報の電子化
- (3) 生息地を代表する成虫標本をもとに、DNA配列の解読(本項は海外共同研究者の S.D. Schoville 博士と共同で実施し、解読作業は同博士の所属研究室で行う)

こうして蓄積された一次資料(生体・標本)と二次資料(形態・分子データ)をもとに、(4) 形態・分子データを総合した分類学的再検討および近接個体群の交雑実験による生殖隔離機構の検証を行うが、ガロアムシ目は移動能力が低く、島や山系、洞窟ごとに隔離された個体群から構成されているため、まず、「種」に関する再検討・再定義を行う。よって、当面の「分類資料コレクション」構築方針を下記の2点に設定し、本目の種に関する分類学的基盤の確立を行う。

- (4-1) 日本産全既知種の模式産地のコレクション形成
- (4-2) 分布域が近接もしくは重複する既知種3種のホットスポットにおけるコレクション充実

また、上記分類資料コレクション構築と分類学的検討を進めていく一方で、「日本産ガロアムシ目調査研究サイト」を Web 上に立ち上げ、分類学的情報の共有化と情報・資料の集約を促進し、コレクション構築の効率を高める。

4. 研究成果

(1) 日本産ガロアムシ類の採集調査等による広域的な収集と飼育による発達段階の補完については、日本国内において北海道、東

北地方3県、関東地方7都県、中部地方7県、近畿地方6府県、中国地方4県、四国地方4県、九州沖縄地方1県、つまり都道府県の約7割にわたり、ガロアムシ類を採集ないしは研究協力者より資料送付を受けることができた。一部の県を除いて大部分の採集個体は幼虫であったが、茨城県など飼育を通じて成虫個体が得られた生息地もあった。

(2) 外部形態情報の電子化については、生息地ごと各発達段階の外部形態画像を高解像度デジタル撮影した。一方、頭胸部や各肢関節の長/幅比、触角や尾毛の節数、頸部棘毛数など15項目について記録を行った。

(3) DNA配列の解析については、日本国内のガロアムシ類のホットスポットである中部地方の試料を中心に約700個体を解析したところ、日本産ガロアムシ類は大きく3群に分かれた。すなわち、北海道、本州東部、西日本であり、周辺外国産ガロアムシ類の配列との比較から、の北海道産グループはロシア極東地域産のグループに由来し、およびの本州以南のグループは朝鮮半島産のグループに由来し、さらにの西日本産のグループは韓国産のグループと遺伝的に最も近いことを示した。一方、本州中部地方においては、山系ごとに分岐することが判明したため、3種が分布するとされる同地方において、同サンプルによる形態学的な検証も必要であることが判明した。

(4-1) 日本産全既知種の模式産地のコレクション形成については、当該産地等より雌成虫を含む試料収集に成功した。これにより、既知 *Galloisiana* 属6種間の雌成虫形態の比較を行うことを可能にした。特筆すべき成果は、記載以来長らく追加採集のなかったガロアムシ類2種(チュウジョウムシ *G. chujoi* [香川県女木島] とイシイムシ *G. notabilis* [長崎県岩屋山])の入手に成功し、それぞれ他種との比較が可能な雌成虫個体を得られたことである。とりわけ、*G. notabilis* については、原記載 (Silvestri, 1927) が幼虫のみによって行われたため、中齢幼虫~雌成虫を含む追加採集の成功(下図)は、ガロアムシ

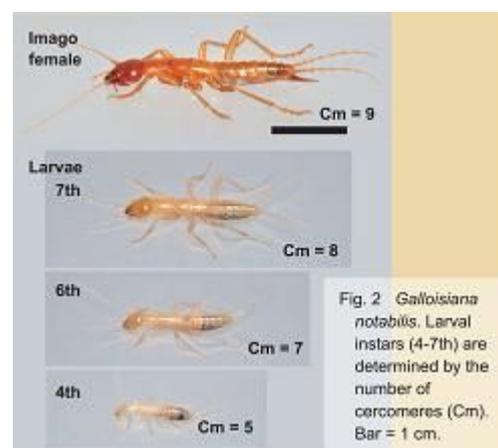


Fig. 2 *Galloisiana notabilis*. Larval instars (4-7th) are determined by the number of cercomeres (Cm). Bar = 1 cm.

類の分類学的再検討を行う上で非常に重要である。得られた個体を精査した結果、*G. notabilis* の模式標本は亜終齢幼虫の形態学的特徴と一致することが判明した。また、*G. chujoi* と *G. notabilis* は、その体サイズや体色が、本州に広く分布すると考えられる（ナミ）ガロアムシ *G. nipponensis* に類似する。しかし、雌成虫を用いた比較により、*G. chujoi* と *G. notabilis* の 2 種は 無眼、顎節片の棘毛の少なさ（25～50%）、肢の「細長さ（腿説および脛節の長さ／幅比）」（下図）

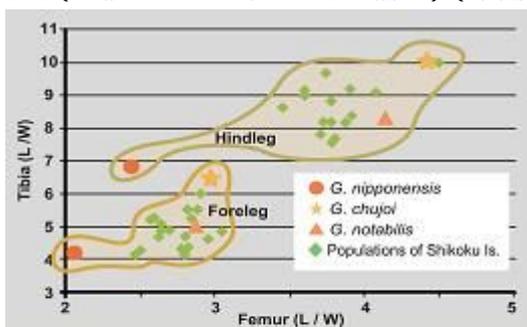


Fig. 5 Distribution of proportion of length to width (L/W) of tibia or femur in foreleg or hindleg of Japanese *Galloisiana* (*G. nipponensis*, *G. chujoi*, *G. notabilis* and population of Shikoku Island [n = 17]).

によって、*G. nipponensis* から明らかに区別されることが判明した。さらに、これまで相互に検討されることがなかった *G. chujoi* と *G. notabilis* との相違について両種の違いを精査したところ、交尾時に雄交尾器が挿入される産卵管基部付近の節片である第1産卵管節腹半部の形状が両種で大きく異なったほか、*G. chujoi* の産地に近い四国各地から産する個体群もまた、同部の形状において *G. notabilis* ではなく *G. chujoi* と同じ特徴を示した。

（4-2）分布域が近接もしくは重複する既知種3種、すなわち前述の *G. nipponensis* とオオガロアムシ *G. kiyosawai* とヒメガロアムシ *G. yuasai* については、和名にある通り、成虫の体サイズがそれぞれ顕著に異なり、それに伴う頭胸部の長さ／幅比や触角・尾毛節数などによって区別が可能な種群とされてきた。前述の日本各地から得られたガロアムシ類のDNA配列の解析では、これら3種が近接もしくは重複するホットスポットである中部地方において多数のサンプリングを行ったが、北海道や西日本から大きく分かれて一群をなす中部地方（東日本）個体群のクレードにおいて、これら3種に相当する深い分岐は得られず、連続する山脈や山系ごとに分岐するパターンが得られた。このパターンは、大陸を分布起源とする日本産ガロアムシ類が複数回にわたって日本へ移動分散を行ったこと、中部地方の造山運動による隔離とを考えると興味深い示唆を与える一方、この地域に分布するガロアムシ類について、山脈山系ごとの比較検討を行う必要性を示している。

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3件）

B. Wipfler, M. Bai, S.D. Schoville, R. Dallai, T. Uchifune, R. Machida, Y. Cui, R.G. Beutel, Ice Crawlers (Grylloblattodea) – The History of the Investigation of a Highly Unusual Group of Insects, *Journal of Insect Biodiversity*, 査読有, Vol. 2, No. 2, 2014, 1 - 25、

<http://dx.doi.org/10.12976/jib/2014.2.2>

S.D. Schoville, T. Uchifune, R. Machida, Colliding fragment islands transport independent lineages of endemic rock-crawlers (Grylloblattodea: Grylloblattidae) in the Japanese archipelago, *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 査読有, Vol. 66, 2013, 915 - 927、

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2012.11.022>

内船俊樹、ガロアムシと多新翅類の比較発生、昆虫と自然、査読無、Vol. 47, No. 2, 2012, 18 - 21

〔学会発表〕（計8件）

内船俊樹、日本産ガロアムシ類の雌における形態比較、日本昆虫学会第73回大会、北海道大学、2013年9月

内船俊樹、西日本産ガロアムシ類の雌成虫形態における比較検討、日本昆虫学会第72回大会、玉川大学、2012年9月

T. UCHIFUNE, Y. Uchifune, Y. Mashimo, R. Machida, Affinity of Phasmatodea: Embryological Evidence, シンポジウム “From fossils to molecules: Evolution of the stick and leaf insects” における招待講演、24th International Congress of Entomology, Daegu, Aug., 2012

T. UCHIFUNE, Revision of Western Japanese *Galloisiana* (Grylloblattodea): from a Standpoint of Female Body Characters, ポスター発表、24th International Congress of Entomology, Daegu, Aug., 2012

T. UCHIFUNE, R. Machida, Egg structures and embryological features suggest a closer affinity between Grylloblattodea and Mantophasmatodea (Insecta: Polyneoptera), ポスター発表、5th Dresden Meeting on Insect Phylogeny, Dresden, Sep., 2011

内船俊樹、ガロアムシ目で観察された付属肢亜基節 - subcoxal theory に迫る -、公開シンポジウム「形態学とは何か ~ ケーススタディ：その「主張」と「実際」

～」における招待講演、日本昆虫学会第
71回大会、信州大学、2011年9月
内船俊樹、長崎市で発見したガロアムシの
一種について、日本昆虫学会第71回大会、
信州大学、2011年9月
内船俊樹、四国で発見されたガロアムシ類
について、日本昆虫学会第70回大会、山
形大学、2010年9月

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 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 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
「横須賀市自然・人文博物館 研究内容(昆
虫)」
<http://www.museum.yokosuka.kanagawa.jp/research/entomology/entomology-research>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

内船 俊樹 (UCHIFUNE, Toshiki)
横須賀市自然・人文博物館 学芸員
研究者番号： 20463086

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：