

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K06818

研究課題名(和文) アジア・北米環太平洋北部における海浜性甲虫群集の起源と分散

研究課題名(英文) Origin and dispersal of littoral beetles in northern Pacific rim

研究代表者

大原 昌宏 (Ohara, Masahiro)

北海道大学・総合博物館・教授

研究者番号：50221833

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：アジア・北米の環太平洋域海岸で海浜性甲虫類を採集および博物館標本を調査し、海浜性甲虫類の群集構成とその由来、分布様式を解析するためのサンプル(標本)を蓄積した。一部のグループ、Cercyon属(ガムシ科)、Phaeromela属(ゴミムシダマシ科)については、分類学的な再検討を行い、1新種を含む記載分類を行なった。海浜性甲虫の由来(起源)と分布拡大様式については、注目すべき分類群の絞り込みができたため、今後、分子系統解析を行うことで由来の解明が期待される研究の端緒が掴めた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

東日本大震災により東北地方の海岸線環境は壊滅的なダメージを受けて、海浜に生息する生物の存続と攪乱(津波)の関係が注目された。結果として、海浜性生物は攪乱にとっても強く、津波後も多くの生物が復活した。しかし防潮堤の建設などで、復活していない生物もいる。これらの海浜の生物多様性保全と人による開発のバランスを取るためには、海浜性生物の生物学的属性を詳しく知る必要があり、種構成、由来、分布拡散様式など、保全のための基礎的情報、知識が必要である。本研究は、海浜性昆虫の基本的な群集の属性の知識を蓄積するためのものであり、より良い保全対策と開発のための知的基盤に貢献するものである。

研究成果の概要(英文)：We collected beach beetles from the Pacific Rim coasts of Asia and North America and examined museum specimens to accumulate samples (specimens) for analysis of the community composition, origin, and distribution patterns of beach beetles. Some groups, Cercyon (Hydrophilidae) and Phaeromela (Tenebrionidae), were taxonomically reexamined and described, including one new species. Regarding the origin and distribution expansion pattern of beach beetles, we were able to narrow down the taxonomic groups of interest, and thus obtained the beginnings of a study that is expected to elucidate the origin through molecular phylogenetic analysis in the future.

研究分野：昆虫分類学

キーワード：海浜性昆虫 環境保全 昆虫分類学 甲虫 津波 分布拡散

1. 研究開始当初の背景

海中に生息しない昆虫にとって、海浜はもっとも適応が困難な環境の一つといえる。昆虫の中でも甲虫類はいくつかの独立の分類群が海浜への進出を成功させている。内陸の乾燥地や樹皮下、腐敗物などに生息していた甲虫が海浜へ進出したと考えられているが、その起源の多くは未解明である。海浜への進出に成功した甲虫は海岸沿いに分布を広げるが、その分散方法は詳しく研究されていない。従来、海浜性甲虫の分散は陸づたいの移動と海流による短距離分散の積み重ねが主と考えられてきたが、最近の研究から太平洋を渡る規模の津波による長距離移動の証拠が集まってきた。また分子解析を用いた生物地理学的手法も十分に一般的なものとなってきた。海浜性甲虫の「起源と分散」に関わる問題について、より研究を深める条件が整いつつあり、今回のプロジェクト研究をはじめめる機運となった。

2. 研究の目的

海浜性甲虫の「起源と分散」に関わる問題について、太平洋北部の海岸の現地調査と近縁種群の分類学的整理および分子手法による系統構築をおこない、問題の解明を目的とする。

(1) アジア・北米の環太平洋域海岸で海浜性甲虫類を採集および博物館標本を調査し、群集構成種のリストを作成し分類学的記載をする。

(2) 緯度ごとにアジア・北米群集を比較し、近縁種の有無、大陸別の独立種(属)の有無を調べ、構成種を(A) 海岸に沿って分布を広げた「同一祖先由来の種群」と(B) それぞれの大陸の内陸から「独立に海浜性に適応した種群」に分け、(A)と(B)の割合、属・種の共通率、固有率を数値として示す。

(3) 由来解明：(A)は、分布拡散の経路を明らかにする。(B)は、各大陸での近縁種関係を調べ、海浜へ進出した経緯を推定する。

(4) これらの結果を統合し、群集の起源と分散のシナリオを記述する。

3. 研究の方法

当初、北米海岸の現地調査を実施する計画であった。調査地は、2019年はアラスカ(北部高緯度)、2020年はカルフォルニア(北米低緯度)、2021年はアリューシャン列島(北部高緯度)を予定し、かつ、2019年にはスミソニアン博物館、2020年はカルフォルニア科学アカデミーの収蔵標本を調査し分布情報の蓄積を行う予定であった。しかしながら、新型コロナウイルス感染症の蔓延により、海外渡航が困難となったため、2019年の北米調査は実施したが、2020年以降は、国内の調査に切り替えた。日本国内での調査は、北海道厚真、宮城県仙台、高知県の緯度の異なる3カ所で行なった。それぞれの野外調査によるサンプルを研究室へ持ち帰り、記載分類、分子解析、系統構築を行った。

(1) 種・群集構造を記載：アジア・北米の環太平洋域海岸で海浜性甲虫類を採集し、形態分類・分子系統の手法を用いて、群集構成種のリストを作成し、必要に応じ分類学的記載をする。日本、北米の博物館に所蔵される海浜性甲虫類の標本を調査し、過去の分布記録を整理し、2011年の東北地方沿岸の津波前後の記録を精査する。

(2) 種・群集構成種のグループ分け：緯度ごとに、アジア・北米一対の環境ユニットの群集を比較し、近縁種の有無、大陸別の独立種(属)の有無を調べ、構成種を(A) 一方の大陸で起源し海岸に沿って分布を広げた「同一祖先由来の種群」と(B) それぞれの大陸の内陸から「独

立に海浜性に適応した種群」に分け、(A)と(B)の割合、属・種の共通率、固有率を数値として示す。

環境ユニットを定量的に測るため、50cm 正方のコドラートを作り、コドラート内の全海浜性甲虫、打上海藻、木片、植生を採集・記録した。海藻と木片については、現地で重量を量り、のちに研究室で乾燥させたのち、乾燥重量も計量した。またコドラート枠内の写真を撮影し、基質(砂、礫)の粒度、色の目安とした。

(3)種・群集構成種の由来解明：(A)については、分子系統分析により種群内系統を示し、環太平洋北部海岸域の甲虫類の分布拡散の経路を明らかにする。(B)については、各大陸での近縁種関係を調べ(文献調査、分子系統分析)、海浜へ進出した経緯を推定する。

(4)アジア・北米の海浜性生物群集形成史のシナリオ化と概念形成：これらの結果を統合し、「北太平洋区」の海浜性生物群集の起源と分散のシナリオを、特に緯度帯との関連をふまえて記述する。

4. 研究成果

(1) 野外調査実施について

北米野外調査について：2019年8月25日から31日まで、カルフォルニア州北部28箇所、オレゴン州5箇所において、海浜性昆虫類のサンプリングを行った。

韓国野外調査について：2019年10月1日から3日まで、韓国南西部海岸の9箇所にてサンプリングを行った。

国内野外調査について：日本の海岸、北海道、東北地方(仙台など)、高知の緯度のことなる3箇所での詳細調査を行った。

2019年度：2019年9月11日から17日まで、北海道南部、青森県下北半島11箇所においてサンプリングを行った。

2020年度：コロナ禍のため、外出自粛規制があり、野外調査は行わなかった。

2021年度：2021年4月25日、5月27日、6月12日、7月3日、8月1日、8月28日、9月27日、10月30日、11月28日に北海道浜厚真にて、定点のコドラート調査を行なった。4月30日から5月1日まで、東北地方宮城県3箇所のサンプリングと仙台市蒲生の定点のコドラート調査を行なった。6月26日から28日まで、東北地方宮城県にて6箇所のサンプリングと定点のコドラート調査を行なった。7月10日から13日まで、四国地方高知県にて7箇所のサンプリングと入野での定点のコドラート調査を行なった。7月17日から19日まで、東北地方宮城県にて5箇所のサンプリングと定点のコドラート調査を行なった。10月17日から20日まで、東北地方宮城県、岩手県、秋田県、山形県にて7箇所のサンプリングと定点のコドラート調査を行なった。

2022年度：2022年5月26日から5月29日まで、東北地方青森から宮城までで、6箇所のサンプリングを行った。

以上、北米33箇所、韓国9箇所、北海道のべ9箇所、東北地方のべ45箇所、高知7箇所、の計103箇所(のべ数)において海浜性甲虫のサンプリングを行い、北海道浜厚真(北緯42度)、宮城県仙台市蒲生(38度)、高知県入野(32度)の3箇所で定点コドラート調査を行なった。

(2) 博物館所蔵標本の調査実施について

2019年にオレゴン州立博物館の標本調査を予定していたが、先方の都合により実現できなかった。

2020–2021年については、コロナ禍の外出自粛規制により、国内外の博物館への訪問は自粛した。

2023年2月に愛媛大学総合博物館を訪問し、分布記録の詳細が不十分であった四国地方の海浜性甲虫の収蔵標本調査を行なった。

(3) 種・群集構造を記載について

サンプリングされた海浜性甲虫は全て乾燥標本を作成し、同定し、北海道大学総合博物館に保管する予定である。現在、標本化が終了し、同定作業の70%が終了したところである。

海浜性甲虫には、ガムシ科、エンムムシ科、ハネカクシ科、コメツキムシ科、ゴミムシダマシ科、キノカワムシ科、アリモドキ科などの科に含まれる甲虫が該当するが、ガムシ科、エンムムシ科、コメツキムシ科、ゴミムシダマシ科については、同定が終了している。しかしハネカクシ科については、分類学的問題と種同定の困難な種が複数あることから、

共同研究者の安教授（韓国忠南大学校）と研究を進行中である。

種の記載については、ガムシ科甲虫 *Cercyon* 属について、記載、再記載を行い2本の論文と1本の解説文として発表した（Suzumura *et al.*, 2019, 2022、鈴木ほか, 2023）（図1–3）。日本を含む東アジアには6種が分布し、それらの詳細な再記載と特に従来研究されていなかったメス交尾器の詳細な解析を行なった。また主に北海道大学総合博物館に保存されている収蔵標本をもとに、北海道内の分布記録を整理した。北米西海岸には *Cercyon* 属5種が分布し、そのうち一種は新種 *Cercyon whulijensis* として記載した。また *C. dux* については、東アジアにのみ分布する種であったが、2012年以降に北米西海岸から採集されており、2012年以前には採集されていないことも博物館標本の調査などから確認できたため、東日本大震災の際に発生した津波による瓦礫の日本から北米西海岸への移動に移入と考えられることを示唆した。

ハネカクシ科の数種については、安教授との共同研究で1本の論文を発表した。

イワハムムシ（キノカワムシ科）については、アラスカの研究協力者である D. Sikes 博士のチーム（ノルウェーの V. Gusarov 博士を含む）と研究協力と分担についての協議が進んでおり、アジア側を主に本研究チームが、アリューシャンから北米西海岸を主に Sikes 博士が行うことが同意され、北部環太平洋海岸線の生物地理学を行う国際的プロジェクトとして進行しつつある。

また博物館所蔵の海浜性甲虫の調査により、ガムシ科、エンムムシ科の愛媛大学総合博物館所蔵の標本について分布記録を2本の論文として発表した（Ôhara *et al.*, 2023）。またゴミムシダマシ科についても論文を準備中である。

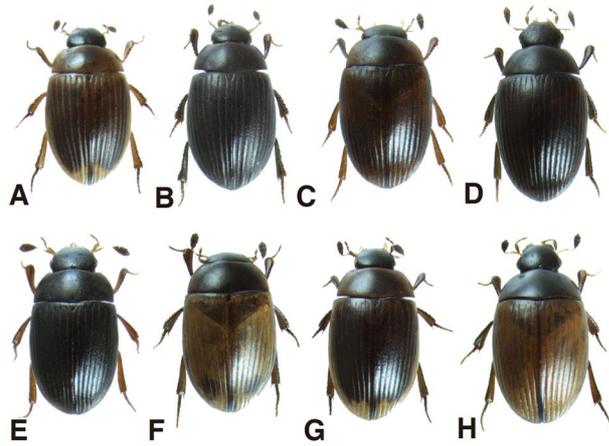


図1. *Cercyon* 属の日本産6種の背面図

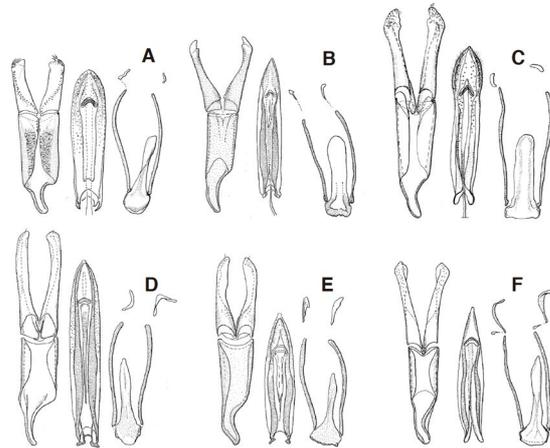


図2. *Cercyon* 属の日本産6種のオス交尾器

(4)種・群集構成種のグループ分け：(A)一方の大陸で起源し海岸に沿って分布を広げた「同一祖先由来の種群」と(B)それぞれの大陸の内陸から「独立に海浜性に適応した種群」に分ける。

グループ分けについては、十分な考察ができなかった。

ゴミムシダマシ科のコホネゴ

ミムシダマシ *Phaeromera* 属については、北米産4種のうち2種はシノニムである可能性を示唆し(結果的に2種)、アジア産1種を含めた3種についての分類学的再検討の論文を作成し、ほぼ投稿の段階まで完成させている(研究協力者の博士課程院生、鈴木アリサとの共同研究)。*Phaeromera* の3種については、北米に起源があると考えられ、1種は海浜性ではなく内陸種である。その内陸種から海浜性に進化し、さらに北米西海岸から東アジアへと分布を広げたと考えられる。また東アジアの海浜性種はより古い形質状態を保つことから、北米の内陸種から東アジアにまで分布を広げた種が一度分化し、さらに再度北米西海岸への海浜種へ分化したものと考えられる。この仮説は分子研究用のサンプルを内陸種について得ることができなかったため、今後の課題となった。上記のグループ分けでは(A)に分類される。

(B)に分類されるものには、東アジアに分布するキベリヒサゴメツキ(コメツキムシ科)、ホネゴミムシダマシ(ゴミムシダマシ科)、北米西海岸に分布する *Coelus* 属(ゴミムシダマシ科)が該当すると考えられる。

以上、グループ分けが限られた種群についてのみの考察となったが、103箇所遍及ぶ定量的なサンプリングを行なったことから、海浜のマイクロハビタットと種構成の関係、緯度と海浜性甲虫の種構成の関係など、様々な視点からの解析が可能なサンプルとデータが蓄積できたと考えており、今後、これらの解析を逐次進めていく予定である。

(5)種・群集構成種の由来解明、および(6)アジア・北米の海浜性生物群集形成史のシナリオ化と概念形成について。

これらの課題については、上記で述べたコホネゴミムシダマシの分子系統解析が実施されると由来の解明が明示されるものと思われる。また *Cercyon* 属の *C. dux* と *C. setulosus* は、東アジアと北米西海岸の両方に分布をすることから、分子解析が実施されると分散の時間的背景を解明することができ、津波などに短期間の大陸移動などを含めた、海浜性生物群集の形成史のシナリオを描く端緒をつかむことができるとと思われる。

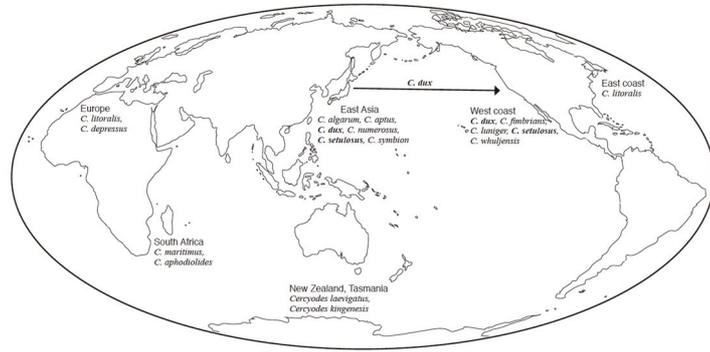


図3. *Cercyon* 属の種の分布

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Suzumura, A. L., Kawauchiya, R., Ohara, M., Inari, N., Kobayashi, N.	4. 巻 12
2. 論文標題 Records of the superlittoral species of the genus <i>Cercyon</i> (Leach) (Coleoptera, Hydrophilidae) from Hokkaido, Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Elytra, new series	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yoo, I.-S., J.-S. Lee, M. Ohara and K.-J. Ahn,	4. 巻 24
2. 論文標題 Three synonyms of the coastal <i>Phucobius</i> Sharp species (Coleoptera: Staphylinidae) are proposed based on morphological and molecular characters.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Aisa-Pacific Entomology	6. 最初と最後の頁 320-328
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.10106/j.aspen.2020.12.015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Suzumura, L. A., N. Kobayashi & M. Ohara	4. 巻 73
2. 論文標題 Revision of the beach-dwelling species of <i>Cercyon</i> Leach (Coleoptera: Hydrophilidae) of the West coast of North America	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Coleopterists bulletin	6. 最初と最後の頁 473-493
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1649/0010-065X-73.3.473	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ohara, M., N. Kobayashi & I. N. dela Cruz	4. 巻 13
2. 論文標題 Japanese supralittoral hydrophilid beetles (Coleoptera, Hydrophilidae) in the Ehime University Museum Insect Collection, Matsuyama, Japan	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Elytra, new series	6. 最初と最後の頁 58-60
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 鈴村有紗、小林憲生、大原昌	4. 巻 58 (3)
2. 論文標題 海浜性ガムシの分類と分布	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 昆虫と自然	6. 最初と最後の頁 10-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 Suzumura, A. L., M. Ohara & N. Kobayashi
2. 発表標題 Review of the northern Pacific genus, Phaleromela Reitter, 1916 (Coleoptera, Tenebrionidae)
3. 学会等名 2022 ESA, ESC, ESBC Joint Annual Meeting, Vancouver Convention Center
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	小林 憲生	埼玉県立大学・保健医療福祉学部・教授	
	(Kobayashi Norio)		
	(00400036)	(22401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------