

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K06093

研究課題名(和文) 土壌動物の保全に向けた調査法の確立と実践：島嶼生態系を舞台として

研究課題名(英文) Establishment of study methods and practices for conservation of soil animals

研究代表者

唐澤 重考 (Karasawa, Shigenori)

鳥取大学・農学部・教授

研究者番号：30448592

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)：土壌動物の多様性の地図化を目指し、陸生等脚類を主な材料として種分類の整理、および、潜在的分布に基づく種数の地図化を行なった。種分類の整理では、従来の形態形質のみに基づく手法だけでなく、タイプ産地から採集した標本も含めた系統解析の結果も含めた。潜在的分布域の推定では、地理的障壁の適切な評価が今後の課題として残された。

また、国内外来種として屋久島に持ち込まれたオキナワキノボリトカゲの胃内容物の解析を行なった。オキナワキノボリトカゲは樹上と地面の両方で摂食していることが分かったが、絶滅危惧種の摂食は確認されなかった。胃内容物解析の精度を高めるには、更なるDNAデータベースの集積が不可欠である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生物の分布や地域に生息する種数を地図化することは、効果的に多様性を保全する上で不可欠である。本研究では多様性の地図化が進んでいない土壌動物のうち、陸生等脚類を主な対象として多様性の地図化を試みた。約36,000個体の標本に基づき種分類の再整理、分布データベースの構築を行い、それらデータに基づき地域あたりの種数の地図を作成することができた。

また、屋久島や鳥取砂丘に生息する両生類・爬虫類の餌動物を解明した。これらの解析によって、屋久島の外来トカゲは樹上と地面で摂食をしていること、鳥取砂丘のカエルはハサミムシを多く食べていることが分かった。

研究成果の概要(英文)：To develop species diversity map of soil-dwelling animals, I tried to solve the taxonomic problem of terrestrial isopoda and predicted potential distribution areas by species distribution modeling. In the taxonomic study, I used not only morphological data, but also phylogenetic analysis. Evaluation of geographic barrier will be needed for more accurate predict potential distribution area of soil-dwelling animals.

Japalura polygonata polygonata is an endemic subspecies in central Ryukyu (the Okinawa and Amamioshima Islands) and has been introduced into Yakushima Island by human activity. I investigate prey animals collected from the stomachs of the Lizard, showing that the Lizard can prey animal on trunk and the ground. However, there has never been evidence of preying endanger species. Accumulation of DNA database is needed to more accurately identify prey animals.

研究分野：土壌動物学

キーワード：土壌動物 ワラジムシ亜目 系統地理

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

生物多様性保全の戦略目標(愛知目標)で「2020年までに陸域の17%を実効力のある保護区にする」という数値目標が掲げられ、生物多様性を効果的に保全できる保護区の構築が緊急の課題になっている。しかし、既存の自然保護区では植物の多様性ですら十分にカバーできないなど、戦略目標の達成にはまだ多くの課題が残っている。また、実行力のある保護区の設定には、様々な生物の多様性を地図化し、それを基に相補性や効率性の定量解析が不可欠であるが、現在のところ分布情報が十分に揃っているのは維管束植物や脊椎動物のみである。例えば、土壌動物は地理的分化が著しく、その多様性の分布様式は地上生物と異なる可能性が高いため、土壌動物の多様性を地図化し、保護区の設定に盛り込むことは、真の生物多様性を保全する上で不可欠である。

しかし、土壌動物の分布調査を行う上で大きな障壁となるのが、種分類研究の遅れや種同定の難しさである。未だに数多くの未記載種が確認されることに加えて、既知種においても、その後の調査によって学名が不適切であることが判明することも多い。すなわち、土壌動物の多様性を地図化するためには、土壌動物の種分類の研究も同時に行わなければならない。

また、外来種による在来種の捕食の影響評価・対策もまた、生物資源保全の観点から緊急を要する課題である。特に土壌動物は外来性両生類・爬虫類によって大量に摂食されるため、その影響評価法の確立は急務である。しかし、胃内容物は消化・断片化しているため餌動物を正確に種同定することは困難であり、これまでの研究では「外来性両生類・爬虫類が在来種と外来種のどちら食べているのか」など外来種の影響を適切に評価する上で必要な情報を示すことが難しかった。

2. 研究の目的

上記の背景を踏まえて、本研究では「土壌動物の多様性の地図化」および「外来性両生類・爬虫類の餌メニューの解明」を目的とした。それぞれについてのより具体的な目的を以下に記す。

「土壌動物の多様性の地図化」を行うためには、まず、対象動物の種分類を整理することが必要である。そこで、本研究では、主に陸生等脚類を対象として形態形質だけでなくDNAデータを合わせた統合的アプローチによって種分類の整理を行なった。次いで、その種分類に基づいた各種の分布データを収集してデータベースを作成し、各種の潜在的分布域を推定するとともに多様性(地域における種数)の地図化を行なった。

「外来性両生類・爬虫類の餌メニューの解明」は、世界遺産に登録されている屋久島に持ち込まれ定着した国内外来種のおキナワキノボリトカゲを対象とし、駆除個体の胃内容物の解析を行なった。また、鳥取県の鳥取砂丘において隔離的に分布しているカエル群集についても胃内容物の解析を行なった。

3. 研究の方法

3-1. 土壌動物の多様性の地図化

3-1-1. 種分類に関する研究

本研究では伊豆諸島(伊豆大島、神津島、利島、新島、式根島、三宅島、御蔵島、八丈島)および、南西諸島の宮古島と石垣島において、各島を網羅するようにワラジムシ亜目の採集を行なった。また、北海道、本州、九州、四国の広範囲において、すでに採集され鳥取大学に保管されていた標本も用いた。これらの標本の採集地点には、日本産ワラジムシ亜目の半数以上の種のタイプ産地が含まれている。

採集した標本は99%エタノールに浸して室温で保管した。形態観察は、実体顕微鏡もしくはプレパラート標本を作製した上で生物顕微鏡にて観察することで行なった。また、胸脚を用いてDNA抽出を行いmtDNAのCOI遺伝子領域の一部の塩基配列を決定した。

3-2. 潜在的分布域

3-1-1の調査で得られた約36,000の標本の採集地点データに基づき各種の潜在的分布域の推定を行なった。潜在的分布域の推定には、PaleoClim(<http://www.paleoclim.org/>)が提供している環境データを用いた。また、解析はフリーソフトRのdismoパッケージを用いた。これらの方法を用いて各種の分布域を推定したのち、各種の分布確率を特定の閾値に基づき在・不在に変換し、それらを加算することで地域あたりの種数を求めることで多様性の地図を作成した。

3-3. 両生類・爬虫類の胃内容物分析

国内外来種として屋久島に持ち込まれたおキナワキノボリトカゲ、および、海岸砂丘(鳥取砂丘)という特異的な環境に成立するカエル群集を対象に胃内容物の分析を行なった。

おキナワキノボリトカゲについては、駆除目的で採集されている個体を対象に腹部を解剖して胃内容物を取り出したのち、それらを形態観察やDNAバーコーディングを用いることで種同定した。鳥取砂丘のカエル群集については、在来種はピンセットで胃に刺激をあたえ胃内容物を吐き出させる吐き戻し法、外来種のウシガエルは駆除目的で採集した個体を解剖することで胃

内容物を採集した。その後はオキナワキノボリトカゲと同じ方法で作業を行なった。いずれの採集においても関係省庁の許可を得て行なった。

4. 研究成果

4-1. 種分類に関する研究

4-1-1. フナムシ属

フナムシ属は日本から 10 種が報告されているが、そのうち 7 種は島嶼のみに生息しており、島嶼生態系の生物多様性を考える上で重要な動物である。しかし、その形態は他の陸生種と同様に成長とともに変化するため、これまでの種分類について再検討が必要であった。そこで、7 種のタイプ産地を含む日本全域 180 地点から 450 個体 (9 種を含む) のフナムシ属を採集し、mtDNA の COI 遺伝子領域の塩基配列に基づき系統樹を作成した (図 1)。9 種のうち多くは単系統を示し、既存の種分類の大半は妥当であることが分かった。一方で、ミヤケフナムシはフナムシのクレードに含まれることが明らかとなり種の適格性に疑問が生じた。また、リュウキュウフナムシはシンジコフナムシのクレードを含む側系統群であることが分かった。加えて、形態観察の結果、この 2 種の形態には明瞭な違いが見出せないことも分かった。この事実はリュウキュウフナムシとシンジコフナムシは同種であり、シンジコフナムシはリュウキュウフナムシの遺伝集団の一つであることを示唆している。さらに、本州から極めて遠くに位置する海洋島である小笠原諸島および大東諸島に生息する種は、日本本土に生息する種と遺伝的に大きく分かれていることも分かった。

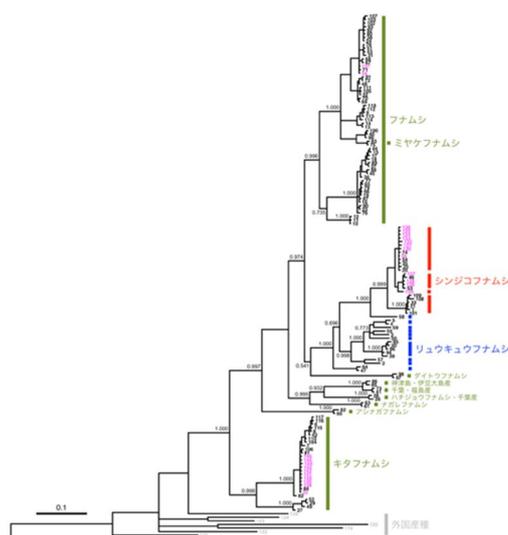


図 1. 日本産フナムシ属を対象とした COI 遺伝子領域 (576 bp) に基づく分子系統樹。Bayes 法にて作成した。

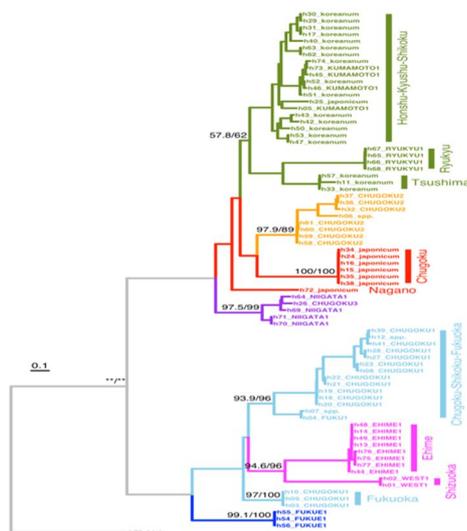


図 2. 日本産ヒメフナムシ属を対象とした COI 遺伝子領域 (552 bp) に基づく分子系統樹。ML 法にて作成した。

4-1-2. ヒメフナムシ属

ヒメフナムシ属は水分要求性が高く主に森林環境に生息し、乾燥した環境には生息できないため移動分散力が乏しく地理的変異が生じやすいと考えられる。日本産ヒメフナムシ属は 2 亜属 6 種に分けられるが、ヒメフナムシ亜属は小型で報告例も少ないため本研究では対象としなかった。本研究で対象としたニッポンヒメフナムシ亜属は、これまでに 3 種が知られており、島根県の三瓶山よりも東側にニホンヒメフナムシ、西側にチョウセンヒメフナムシ、および、南西諸島にリュウキュウヒメフナムシが生息するとされていた。しかし、古くから著しい形態変異があることが指摘されており、実際には、もっと多くの種が生息していると考えられてきた。これを踏まえ、3 種のタイプ産地を含む 49 地点から 120 個体を採集して mtDNA COI 遺伝子領域の塩基配列に基づき系統樹を作成した (図 2)。系統解析の結果に形態観察を踏まえて考察すると、日本には既知の 3 種に加えて少なくとも 5 種は生息することが分かった。特に、五島列島において固有種と考えられる種が生息していること、中国・四国において複数の種が共存していることが明らかになった。

4-1-3. コシピロダンゴムシ科

コシピロダンゴムシ科は小型のダンゴムシ類で本州では森林環境のみでみられるが、沖縄など低緯度地域では攪乱環境などにも高密度で生息している。これまで日本からは約 30 種が知られているが、未記載もしくは日本未記録種がいる一方で、シノニムが疑われる種も数多く存在している。そこで、ほぼ全てのタイプ産地を含む 236 地点から 882 個体を採集して mtDNA COI 遺伝子領域の塩基配列に基づき系統樹を作成した (図 3)。形態観察の結果も合わせて種分類の妥当性について検討した結果、南西諸島や太平洋側を中心に広く分布する 11 種は形態形質の変異が乏しく、遺伝的にもほとんど変異が認められないことから同一種である可能性が強く示唆さ

れた。また、本州、四国、九州に分布する複数種においてタイプ標本を確認したところ別種とするには形態変異が乏しく、さらに、明瞭な遺伝的変異が認められないことから同一種として扱うのは適切であると考えられた。このように数多くのシノニムの存在が示唆される一方で、南西諸島から未記載種もしくは日本未記録種が複数確認された。これらの種は 1 つの島のみで確認されているだけでなく、島内での分布も限られていることから保全上重要な種である可能性が高い。

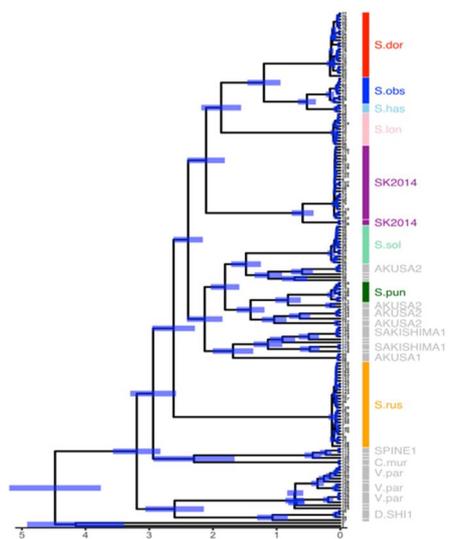


図 3. 日本産コシビロダンゴムシ科を対象とした C01 遺伝子領域 (539 bp) に基づく分子系統樹。ML 法にて作成した。

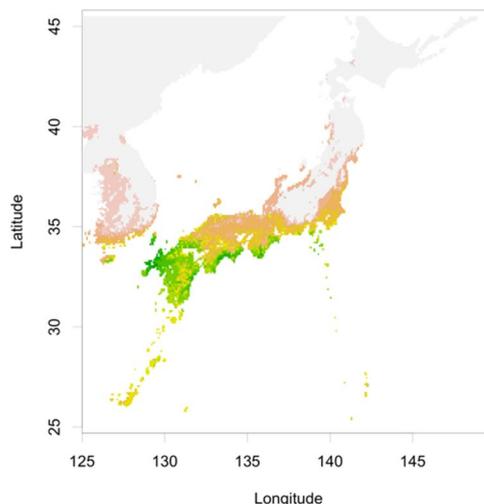


図 4. コシビロダンゴムシ科を対象とした潜在的分布解析。ただし、採集地点の少ない種は解析から除いた。

4-2. 潜在的分布解析

日本におけるワラジムシ亜目の分布域を可視化するため約 36,000 個体の採集情報に基づき maxent 法にて各種の潜在的分布域を推定した。地域に生息する種数を地図化するには、種数と環境の関係性に基づき地図を作成する方法と、各種の分布を推定し合算する方法があるが、本研究では後者の方法を用いた。種分類の整理が比較的すすみ、また、日本各地で採集できたコシビロダンゴムシ科を対象に行なった解析では、本州の西日本～東海では 2-3 種が分布するのに対し、九州や四国では同一地域に 5 種以上が生息すると推定された (図 4)。ただし、本解析では各種の分布を決定する要因として気温や降水量などの物理的環境要因のみを考慮したが、実際のコシビロダンゴム科の分布には地理的要因も強く影響しているため、実際には分布が確認されていない地域においても生息適地として推定された地域もあった。また、採集地点が少ない種などでは推定が難しかった。しかし、採集例の少ない種こそが希少種・絶滅危惧種である可能性が高く、保全の優先度が高い種であると思われる。今後、分布制限をもたらす地理的要因なども加えて、より精度を高めた分布域の推定を行う必要がある。

4-3. 両生類・爬虫類の胃内容物分析

4-3-1. 屋久島のキノボリトカゲの胃内容物

オキナワキノボリトカゲは本来、奄美諸島および沖縄諸島にのみ生息する日本の固有亜種で、その名の通り樹幹で採餌を行う特徴をもつトカゲ類である。しかし、2000 年前後に宮崎県や鹿児島県、そして、屋久島県で確認されると、その後は各地で定着が確認された。上記した通り本種は樹幹に登って昆虫などを捕食するため、本種の侵入・定着は在来生態系に大きな影響を及ぼすと考えられる。しかし、本種が侵入先で何を食べているのかについてはあまり研究されておらず、その影響の実態については不明な点が多く残っている。そこで、本研究では 2017 年から 2018 年に駆除目的で採集された 42 個体のオキナワキノボリトカゲを解剖し、その消化管に残っていた動物を調べた。その結果、胃内容物には合計 496 個体が含まれていた。また、これらのサンプルを形態観察および DNA バーコーディングに基づき可能な限り種同定を行なったところ合計 6 綱 14 目 22 科 16 属 87 種 (形態種) が含まれていた。餌動物を科ごとの個体数で整理するとアリ科が 313 個体 (63.1%) で半分以上を占めており、他はいずれも 3% 以下であった (図 5)。この結果から屋久島のオキナワキノボリトカゲにとってアリ類が主要な餌であると分かった。種名が確定できた種に注目すると、ヒラズオオアリやアシジロヒラフシアリな



図 5. 屋久島産オキナワキノボリトカゲの胃内容物 (科レベル) のツリーマップ。個体数に基づき作成した。

どの樹上性アリ類に加えて、同じく樹上性であるオオホシカメムシなども確認され、オキナワキノボリトカゲは屋久島においても樹上環境にて摂食していることが分かった。一方で、地表性のオオシワアリやサツマゴキブリなども確認されたことから、本種は樹上と土壌の両方で摂食を行なっていることが明らかとなった。さらに、ミツバチ科のコマルハナバチを捕食していることが明らかとなったが、この現象は他の定着地ではあまり報告されていない。小笠原諸島ではグリーンアノールが侵入しミツバチ類を捕食しているが、グリーンアノールは本来、毒のある昆虫を好まない。この現象は、グリーンアノールが好む餌動物を食べ尽くした、新たな餌資源を探索した結果だと考えられている。したがって、今後、屋久島のキノボリトカゲにおいても本来捕食しない餌動物を捕食する可能性がある。

本研究において種名が確定できた餌動物の中に絶滅危惧種は確認されなかった。ただし、DNA データベースで検索しても種名が確定できないサンプルも数多くあり、種名確定の精度の低さが影響している可能性もある。餌動物を正確に解明するためには、今後、さらなる DNA データベースの構築が不可欠である。

4-3-2 . 鳥取砂丘のカエルの胃内容物

鳥取砂丘は日本有数の大きさをほこる海岸砂丘である。鳥取砂丘の大部分は砂地で覆われるが、中央部に「オアシス」と呼ばれる一時的に出現する水場があり、近年、そこにカエル群集が維持されていることが分かった。大規模な海浜生態系が維持されている鳥取砂丘には、数多くの絶滅危惧種が生息するため、カエル類がそれらに及ぼす影響の解明は本地域の生物多様性を保全する上で不可欠である。これらを踏まえ、本地域のカエル類の餌動物メニューの解明を目的とし、5 種 86 個体のカエルから吐き戻し法を用いて生かしたまま胃内容物を採集し、形態観察および DNA バーコーディングを用いて種同定を行なった。その結果、11 目 35 種の動物が確認でき、いずれのカエル種においてもハサミ

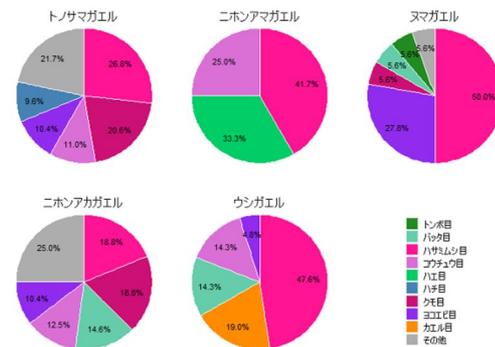


図 6 . 鳥取砂丘で確認された 5 種のカエル類の胃内容物 .

ムシ目オオハサミムシを多く食べていることが分かった。他にはハマスズやヒョウタンゴミムシなどの海浜性昆虫だけでなく、ウスバキトンボやホシササキリなどの水生や草地の普通種食べていた。その一方で、レッドリスト掲載種などの絶滅危惧種の摂食は確認されなかった。これらの結果に基づき、本地域のカエル類の積極的な駆除は不要であると結論づけた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Shigenori Karasawa	4. 巻 91-92
2. 論文標題 Comparison of isopod assemblages (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) among four different habitats: Evergreen forest, exotic bamboo plantation, grass and urban habitat	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Pedobiologia	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) 10.1016/j.pedobi.2022.150805	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 唐沢重考・澤島拓夫・鈴木武	4. 巻 9
2. 論文標題 岩手県における外来性ワラジムシ類、ホソワラジムシ (Porcellionides pruinosus) とハナダカダンゴムシ (Armadillidium nasatum) の発見	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Niche Life	6. 最初と最後の頁 77-78
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 唐沢重考	4. 巻 59
2. 論文標題 鳥取県の海岸にて発見されたワラジムシ亜目 (Crustacea: Isopoda: Oniscidea)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 鳥取県立博物館研究報告	6. 最初と最後の頁 9-15
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Karasawa Shigenori	4. 巻 923
2. 論文標題 Sphaerillo boninensis Nunomura, 1990 (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) is a junior synonym of a pantropical species, Venezillo parvus (Budde-Lund, 1885)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ZooKeys	6. 最初と最後の頁 1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3897/zookeys.923.26018	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 -

1. 著者名 Karasawa S., Kawano K., Fukaya S., Tsurusaki N.	4. 巻 25
2. 論文標題 Upgrading of three subspecies of Eudigraphis takakuwai to the species rank (Diplopoda: Penicillata: Polyxenida: Polyxenidae)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Species Diversity	6. 最初と最後の頁 89-102
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>ワラジムシ.com : 日本産ワラジムシ亜目の情報まとめ http://www.warajimushi.com/ ワラジムシ.com-日本産ワラジムシ亜目の情報まとめ- http://www.warajimushi.com/</p>
--

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	岸本 年郎 (Kishimoto Toshio) (70728229)	ふじのくに地球環境史ミュージアム・学芸課・教授 (83811)	

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
---------	---------