

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 22 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K14804

研究課題名(和文)進化で絶滅を防ぐ

研究課題名(英文)Preventing extinction by evaluation of adaptive traits

研究代表者

千葉 聡 (Chiba, Satoshi)

東北大学・東北アジア研究センター・教授

研究者番号：10236812

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：陸貝に外来捕食者が及ぼす影響を調べ、ニューギニアヤリガタリクウズムシの捕食により、父島では在来陸貝のうち中大型種ではほぼ野外絶滅状態である一方、微小種はその影響が比較的軽く、島内に広く生息することがわかった。また外来陸貝ではウスカワマイマイやミヤコマイマイは、ウズムシの影響による減少傾向は認められず、むしろ分布を広げていた。ウズムシは在来陸貝の粘液に含まれるタンパク質に誘引されているものと考えられた一方、ウスカワマイマイでは行動の活性の高さと粘液が攻撃に対する忌避効果を持つことが示唆された。本土でのウズムシへの適応による活動性の高さと粘液量が、ウズムシの攻撃を緩和していることがわかった。

研究成果の概要(英文)：Serious impacts of nonnative malacophagous flatworms on native land snails on the Ogasawara Island were detected, and medium size-large species have become mostly extinct on Chichijima. However, native micro snails were still survive and widely distributed on the island. Nonnative land snails Acusta and Satsuma were not affected by flatworms and extended their distributions. Mucus of native land snails attract flatworms, while mucus of nonnative species exhibited repellent action against flatworms. In addition, Acusta avoid attack of the flatworms by active defense behavior. These characteristics appear to be a result of adaptation against predation of flatworms on mainland, and are effective to mitigate impacts of the nonnative predators.

研究分野：生態学

キーワード：保全 外来種 絶滅 適応

1. 研究開始当初の背景

小笠原諸島では、固有陸産貝類などで非常に高い固有種率が認められる。この生態系の独自性の高さから、小笠原諸島はユネスコの世界自然遺産に登録されている。ところが、これら陸産貝類を中心とした土壌動物は、ニューギニアヤリガタリクウズムシを中心とした外来捕食者によって、大きな影響を受けつつある (Ohbayashi, et al., 2007)。また最近、クマネズミなど外来捕食者の新たな影響が検出されるなど (Chiba, 2010)、外来捕食者の影響の実体は、依然として未知の点が多い。

小笠原の陸貝を中心とした土壌動物に対する外来捕食者の影響を明らかにするとともに、その影響の緩和方策の立案が求められている。そのための方法として、陸貝の集団や種の違いに対する外来生物 (主にウズムシ) のインパクトの違い、特にウズムシの侵入後に生じる進化的応答に着目することにより、ウズムシを誘引したり、ウズムシの影響を受けにくい陸貝の性質を見出すことが考えられる。陸貝は外来捕食者に対し、種間で抵抗性が異なることがわかっており (Chiba & Roy 2011)、その小笠原への侵入により、捕食者、陸貝双方に進化的変化が生じたことが想定できる。

このような情報をもとに、長期的な外来種の影響緩和策を立案したり、陸貝の保全策を設計することが可能になるだろう。

2. 研究の目的

(1) 外来捕食者に対する応答

外来捕食者の捕食に対する被食者の応答や耐性の違いを明らかにし、その情報にもとづいて、外来種の影響を把握する。まず外来生物の影響の実態を把握する。次に外来種の影響のもとで在来種にどのような進化的変化が生じるのか、また外来種は侵入した生態系でどのような進化的変化を遂げるのかを明らかにする。

(2) 影響緩和策の探索

上記の知見を利用して、外来種の影響緩和の方策を見出すとともに、外来種を生態系の機能という面から理解する。在来種および外来種の進化という点から、生態系の長期的な変化を予測し、その想定にもとづいた保全対策の立案をめざす。

(3) 進化的変化を利用した保全

捕食者に対する抵抗性の要因や逆に誘因する性質を探索・検出する。次に、外来捕食者の影響により野生絶滅し、人工繁殖による系統保存がなされている絶滅危惧種で、これらの性質の有無を調べる。以上の結果をもとに、外来捕食者の誘引による駆除、及びより強い捕食耐性をもつ個体の選定を経た絶滅危惧種の野生復帰のプログラムを立案する。本研究ではその材料として、小笠原諸島の陸貝な

どの希少生物と、貝食性の外来ウズムシなどそれらを捕食する外来生物の系を扱う。特に本研究は、危機的状況にある小笠原固有陸貝の保全に資するとともに、進化を利用した外来種の影響緩和と絶滅危惧種の野生復帰、という新しい保全技術の開発に道を開くことを目指す。

3. 研究の方法

(1) 試料採集

ニューギニアヤリガタリクウズムシが生息する父島北部 中部において、ウズムシと共存するウスカワマイマイ、オナジマイマイ、オキナワベッコウマイマイ、ナハキビなどの外来陸貝を採集する。またこれらと同じ種を、ニューギニアヤリガタリクウズムシが分布していない父島南部および母島、賀島から採集する。またこれらの外来種が分布する沖縄や大東諸島からも同様の採集を行う。

(2) 野外調査

小笠原諸島、沖縄、大東諸島において、陸貝を中心とした土壌生物に対する外来捕食者の影響を、分布の有無との関係をもとに野外調査により解明する。

(3) 行動実験：陸貝に対するニューギニアヤリガタリクウズムシの誘引性を、行動実験によって調べる。ウズムシは、陸貝の歩行後に地表に残る、体表から分泌される粘液に誘引されることがこれまでの研究で判明していることから、陸貝の粘液のウズムシに対する誘引性を検出する。

捕食実験により、外来捕食者に対する陸貝の行動上の応答を記録し、行動による捕食回避の可能性を調べる。

以上の陸貝の性質を種間、集団間で調べ、ウズムシの分布との関係を明らかにする。

(4) 粘液物質の比較

上記の陸貝について、粘液物質を体表から同量採取し、ウズムシの誘引性を行動実験により比較する。ウズムシが分布する場所の陸貝の粘液のほうが、分布しない場所の陸貝の粘液より誘引性が低下している可能性を検証する。

(5) 保全対策への応用

ウズムシ誘引物質、誘因性の関係から、効果的なウズムシ駆除に必要な誘引物質の利用可能性について検討する。

ウズムシの捕食に対する抵抗性をもとに、人工繁殖によってより外来種の影響に対し頑健な性質をもつ集団を作出できるかどうか、またそれが可能ならば、そのための方策を立案する。それによる達成可能な捕食回避のレベルや野外への再導入の可能性を検討する。

ウズムシの存在下で検出できる陸貝の性質の進化的応答をふまえて、長期的なウズム

シの影響予測と陸貝の保全対策の検討を行う。

4. 研究成果

(1) 外来捕食者の影響評価

陸貝を中心とする土壤生態系に対する外来捕食者が及ぼす影響の実態把握を行った。その結果、ニューギニアヤリガタリクウズムシの捕食により、父島では在来陸貝のうち中 - 大型種ではほぼ野外絶滅状態であることがわかった一方、ノミガイ類、エリマキガイ類など微小種は、その影響が比較的軽く、島内に広く生息することがわかった。また外来陸貝ではアフリカマイマイが著しく減少した一方、ウスカワマイマイやミヤコマイマイは、ウズムシの影響による減少傾向は認められず、むしろ分布を広げていた。

なお、従来ウズムシ同様に陸貝の捕食者とされ、小笠原で陸貝への影響が懸念されていた外来ヒモムシの影響評価を行った結果、この種が陸貝を減少させているという証拠は得られなかった。しかし一方で、ヒモムシの節足動物に対する捕食による土壤生態系の劣化が認められた。ウズムシに加え、外来ヒモムシへの対策が急務であることが判明した。

(2) ウズムシ誘引性と陸貝の防御行動

ニューギニアヤリガタリクウズムシが生息する父島北部 中部および沖縄において、ウズムシと共存するウスカワマイマイ、オナジマイマイ、オキナワベッコウマイマイ、ナハキビなどの外来陸貝を採集し、実験により外来捕食者に対する応答や誘引性を調べる実験を行った。またこれらの陸貝と同じ種を、ニューギニアヤリガタリクウズムシが分布していない母島などから採集し、同様な実験を行った。なおニューギニアヤリガタリクウズムシ自体は実験に利用するのに困難があったため、代用として、他の貝食性ウズムシを利用した。

上記の外来陸貝の捕食者の攻撃に対する応答を、行動実験によって調べた結果、ウスカワマイマイにおいて、ウズムシに攻撃された時の防御行動に他の種との違いが見られた。ウズムシの攻撃にさらされたウスカワマイマイ個体は、それ以外の種の個体より、ウズムシの攻撃に対し敏感に応答し、殻を振るなどの防御行動を有意に高い頻度と強度で示した。このことから、ウスカワマイマイは捕食者に対する対抗適応を進化させていることが推定された。しかしながら、沖縄の集団や母島の集団の間でこの性質に有意な差は認められず、ウズムシからの解放により、この性質が弱まるには至っていなかった。

次に陸貝の粘液のウズムシに対する誘引性を調べた結果、ニューギニアヤリガタリクウズムシの生息地から得られた個体は、それ以外の地域から得られた個体より、有意に低い誘引性は得られなかった。粘液に関しては

厳密に捕食者との共存の影響の有無について結論を下すまでには至らなかった。

(3) 粘液物質

ウスカワマイマイの粘液物質を体表から採取し、プロテアーゼによってタンパク質を分解したのち、ウズムシに対する誘引実験を行ったところ、誘引性を示さなかった。この結果から、ウズムシは陸貝の粘液に含まれるタンパク質に誘引されているものと考えられた。

しかしながら、誘引に関与しているタンパク質の特定や解析には至らなかった。この物質の特定は今後の課題である。これを特定することにより、類似の物質をもちいた誘引駆除が可能になると考えられる。

(4) 外来種に対する適応性の違いと保全策

ウスカワマイマイでは行動の活性の高さがウズムシに対する適応性の要因であるが、ウスカワマイマイに加えミヤコマイマイでは、粘液量が他の種に比べ多いことから、粘液が攻撃に対する忌避効果として機能している可能性がある。以上のことから、活動性の高さで粘液量がウズムシの攻撃を緩和する行動上の特性であることがわかった。

固有種ではノミガイ類、エリマキガイがウズムシの影響が比較的軽いことが明らかになったが、明確な忌避物質の存在や防御に関わる行動特性は観察できなかった。成体のウズムシに対して小型であることがその攻撃の回避に関係している可能性があるが、ウズムシの幼体は小型種も攻撃すること、ウズムシの有無による殻サイズの違いも認められなかったことから、その影響の違いは明らかではない。繁殖能力の違いがその要因である可能性もある。

ウズムシ侵入後、陸貝に顕著な行動ないし生理的な性質の進化的変化は観察できなかった。しかし沖縄でウズムシ類の攻撃にさらされてきたウスカワマイマイやミヤコマイマイでは、防御力を発達させていることから、これらに対する適応であると考えられる。しかしこれらの性質は短期間で進化的に獲得することは困難であると判断される。ウズムシのインパクトにさらされているカタマイマイの脆弱性の理由はある程度示されたが、異常のことから、その影響緩和の方策を示すことは容易ではないことがわかった。長期的には粘液量の多い個体を選抜して耐性のある個体を作成することも野外復帰の手段となりうるだろう。

< 引用文献 >

Ohbayashi, T., Okochi, I., Sato, H., Ono, T., Chiba, S., Rapid decline of the endemic snails in the Ogasawara Islands. *Applied Entomology and Zoology*, 42, 2007, 479-485.

Chiba, S., Invasive rats alter assemblage characteristics of land snails

in the Ogasawara Islands. Biological Conservation 143, 2010, 1558-1563.

Chiba, S., Roy, K., Selectivity of terrestrial gastropod extinctions on an oceanic archipelago and insights into the anthropogenic extinction process. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 108, 2011, 9496-9501.

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4件)

Hirano, T., Wada, S., Mori, H., Uchida, S., Saito, T., Chiba, S., Genetic and morphometric rediscovery of an extinct land snail on oceanic islands. Journal of Molluscan Studies, 査読有, Vol.84, 2018, pp.148-156.

Shinobe, S., Uchida, S., Mori, H., Okochi, I., Chiba, S., Declining soil Crustacea in a World Heritage Site caused by land nemertean. Scientific Reports, 査読有, Vol.7, 2017, 12400.
<https://www.nature.com/articles/s41598-017-12653-4>

Uchida, S., Mori, H., Kojima T., Hayama, K., Sakairi, Y., Chiba, S., Effects of an invasive ant on land snails in the Ogasawara Islands. Conservation Biology, 査読有, Vol.30, 2016, pp.1330-1337.

Chiba, S., Cowie R.H., Evolution and extinction of land snails on oceanic Islands. Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst., 査読有, Vol.47, 2016, pp.123-141.

[学会発表](計3件)

篠部将太郎、小笠原諸島に侵入した外来ヒモムシによる土壌性甲殻類の減少、日本生態学会、2018年3月17日、札幌(北海道)

内田翔太、海洋島への外来種の移入と定着、日本生態学会、2018年3月18日、札幌(北海道)

秋山佳央、殻が退化したカタツムリの戦略、日本生態学会、2017年3月15日、東京(東京都)

6. 研究組織

(1)研究代表者

千葉 聡 (CHIBA, Satoshi)

東北大学・東北アジア研究センター・教授
研究者番号:10236812.

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし

(4)研究協力者

内田翔太 (UCHIDA, Shota)

篠部将太郎 (SHINOBE, Shotaro)

秋山佳央 (AKIYAMA, Kao)