

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：12701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K07560

研究課題名(和文) 殺虫菌スギエダタケにおける被食防衛形質の適応進化の実証に向けて

研究課題名(英文) Toward the demonstration of adaptive evolution of defense traits against fungivores in the insecticidal mushroom *Strobilurus ohshimae*

研究代表者

中森 泰三 (Nakamori, Taizo)

横浜国立大学・大学院環境情報研究院・准教授

研究者番号：50443081

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：殺虫細胞をもつスギエダタケを利用するトビムシの種組成が地域により異なるかを18地点のスギ天然分布林で調べた。その結果、地域によってスギエダタケを摂食する種の有無や組成、食べ方が異なることが明らかになった。秋田と山形、新潟では *Ceratophysella* sp. 1 がひだを摂食していた。山梨、静岡、岐阜、福井、京都、和歌山、鳥取、隠岐の島、島根、高知ではオオオニムラサキトビムシあるいはその近縁種が子実体内部の組織を摂食していた。青森と佐渡島、宮城、富山、屋久島ではトビムシに摂食されていなかった。これらの結果から、スギエダタケとトビムシの相互作用が地域によって異なることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ある生物が関わりをもつ他の生物種が地理的に異なることは、多様性を生み出す要因として重要である。しかし、菌類については、子実体を摂食しに訪れる動物相が地理的にどのように異なるかということは研究されてこなかった。そのなかで本研究は、地域によってスギエダタケを摂食するトビムシ種の有無や組成、食べ方が異なることを明らかにした。この結果は、トビムシ類がスギエダタケの地域集団ごとに異なる摂食圧を与えている可能性を示唆するものである。本研究は、菌類において関係をもつ菌食動物相の地理的な違いを初めて明らかにしたものであり、菌類と菌食動物の適応進化を探るための出発点となる。

研究成果の概要(英文)：We investigated the geographic distribution of Collembola species feeding on insecticidal *Strobilurus ohshimae* sporocarps in 18 native *Cryptomeria japonica* forests in Japan. The presence, species, and mode of feeding of Collembola preferring *S. ohshimae* varied with the site. In Akita, Yamagata, and Niigata, *Ceratophysella* sp. 1 fed mainly on the gills of *S. ohshimae*. In Yamanashi, Shizuoka, Gifu, Kyoto, Wakayama, Tottori, Oki Is., Shimane, and Kochi, *Ceratophysella pilosa* or closely related taxa preferred *S. ohshimae* and fed mainly on the interior parts of caps. In Miyagi, Aomori, Toyama, Sad Is., and Yakushima Is., no *Ceratophysella* Collembola showed preference for *S. ohshimae*. These results suggest that the strength and mode of impact of Collembola grazing on *S. ohshimae* varied geographically.

研究分野：菌類生態学

キーワード：きのこ 殺虫作用 菌食動物 生物地理

1. 研究開始当初の背景

きのこ(菌類の子実体)は菌類の孢子散布器官であり、その多様な形質は、孢子散布効率を最適にするよう進化してきたと考えられる(Pringle et al. 2015)。子実体の形質がどのように進化してきたか探ることは、菌類が繁殖の際にどのように雨風や動物を利用し、また、天敵から身を守ってきたかなどを理解することにつながる。子実体は野外で多くの菌食動物にさらされているため、子実体形質の一部は菌食動物に対する防衛手段として進化してきたと考えられている。この考えは、菌食動物による選択圧が異なる自然集団を比較すれば検証することができる。しかし、菌類においては菌食動物相の解明すら十分ではなく、適応進化の検出に使えるような集団は見つかっていなかった。

その中で、殺虫菌スギエダタケにおいてトビムシ類による摂食圧が異なる集団が自然界にあることが期待されることがわかってきた。スギエダタケは子実体の表面にシスチジアと呼ばれる細胞をもつ。そのシスチジアは触れたトビムシ類を殺す作用をもつ(Nakamori and Suzuki 2007)。スギエダタケはスギの落枝に特異的に発生するため、その分布は、天然スギの分布と同じように、最近までスポット状に複数の集団に分かれていたと考えられる。殺虫作用をもつスギエダタケはトビムシ類に避けられる一方で、スギエダタケを好むトビムシ種も一部の地域から見つかっている(Nakamori and Suzuki 2008)。トビムシ類は羽をもたず移動力が低いため、地域間でのトビムシ種組成の違いが保たれたままスギエダタケの適応進化に長く作用し続けてきたと考えられる。しかし、スギエダタケと関わりあうトビムシ種の地理的な違いはスギの天然分布域で詳細に調べられていなかった。

2. 研究の目的

スギ天然林に分布するスギエダタケにおいて、トビムシ類の種組成とそれに応じた被食防衛形質の関係を明らかにするために(1)子実体食トビムシ類の地理分布を解明し、(2)トビムシ類がスギエダタケの孢子散布に与える影響を評価し、(3)スギエダタケ子実体形質の地理的変異を解明することを目的とした。

3. 研究の方法

(1)子実体食トビムシ類の地理的分布の解明の方法として、ベイトトラップおよびスギエダタケのサンプリングによりトビムシ類を採集し、各地点における子実体食トビムシ種組成、スギエダタケを食べるトビムシ類の種組成、および、子実体食トビムシ類の地理的分布を調査した。各林において、林床にベイト(餌:シイタケ子実体断片)を設置し、1~2日後に降雨を経たものを回収した。また、トラップ回収時にスギエダタケ子実体を採集した。それらの方法で得られたトビムシ類を同定・計数し種組成を明らかにした。また、「スギエダタケにおける餌あたり密度/ベイトにおける餌あたり密度」によりスギエダタケ選好性を評価した。

(2)孢子はひだで形成されるため、ひだは摂食されるかどうかで繁殖への影響が異なると考えられる。そこで、トビムシ類がスギエダタケの孢子散布に与える影響を評価するために、スギエダタケを食べるトビムシ種について、スギエダタケ上での摂食部位を調査した。野外で採集したスギエダタケ子実体を直ちにエタノールに浸けて固定し、実験室に持ち帰り、実体顕微鏡下でトビムシ類に摂食部位を記録した。

(3)地域によりスギエダタケの子実体形質に違いがあるかを調べた。野外で採集された子実体あるいは落枝再生法(スギエダタケが発生していた枝を実験室の湿室で培養し子実体を培養する方法)で得られた子実体を用いて、孢子の形態および殺虫細胞の形態に集団間で違いがあるかを顕微鏡下で調べた。

4. 研究成果

合計18地点(青森、秋田、山形、新潟(本州)、新潟(佐渡島)、宮城、富山、岐阜、福井、山梨、静岡、京都、和歌山、鳥取、島根(本州)、島根(隠岐の島)、高知、鹿児島(屋久島))でトビムシ類の種組成およびスギエダタケ選好性を調査することができた。その結果、地域によってスギエダタケを摂食する種の有無や組成、食べ方が異なることが明らかになった(図1)。秋田と山形、新潟では*Ceratophysella* sp. 1がスギエダタケのひだを摂食していた。また秋田では、*Ceratophysella* sp. 2が傘と柄の内部の組織を摂食していた。山梨、岐阜、福井、京都、和歌山、鳥取、島根(隠岐の島)、島根(本州)、高知ではオオオニムラサキトビムシ(*Ceratophysella pilosa*)あるいはその近縁種が子実体内部の組織を摂食していた。青森と宮城、富山、新潟(佐渡島)、鹿児島(屋久島)ではスギエダタケを選好的に利用するトビムシ種はみられなかった。また、同じトビムシ種でも地域によりスギエダタケに対する選好性や摂食様式に違いがあることが明らかになった。例えば、*Ceratophysella* sp. 3は静岡と和歌山ではスギエダタケを選好し、高知では選好しなかった。また、オオオニムラサキトビムシは島根(本

州、隠岐の島)ではひだの表面を摂食する傾向があったが、それ以外の地域では傘の内部を摂食する傾向があった。これらの結果から、地域によりスギエダタケ集団間で異なる摂食圧が作用していると考えられる。しかしながら、18地点のスギエダタケ集団間で、現在調べた範囲では形態(孢子と殺虫細胞の形)およびDNA型(rRNAのITS領域のDNA塩基配列)に違いはみられなかった。スギエダタケの集団構造や形態形質をより詳細に解析することが今後の課題としてあげられた。

また、本研究の過程で、未記載のトビムシが数種みつきり、そのうち1種を新種として記載した(図2)。また、日本初記録となるトビムシ種を報告した。

本研究により、きのこ菌食動物との相互作用についての生物地理学的知見が得られた。このような知見は他になく、今後の菌類と菌食動物の生物地理学的研究の契機となるものとして期待される。また、本研究により、同じ菌種でも地域固有の生物間相互作用がスギ天然林において形成されていたことが示された。スギ天然林の保全は、このような地域固有の生物間相互作用を保全にもつなげることを示唆するものである。



図1. スギ天然林におけるトビムシによるスギエダタケ摂食の有無. 赤:トビムシに摂食されていた;黒:トビムシに摂食されていなかった。

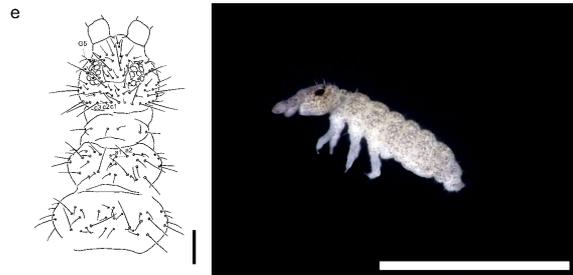


図2. 新種記載されたトビムシ(*Ceratophysella* sp. 2)。秋田のスギ天然林においてスギエダタケのひだを摂食していた。バー:0.1mm(左)、1mm(右)。

引用文献

- Nakamori and Suzuki 2007. *Mycol Res* 111:1345-1351.
 Nakamori and Suzuki 2008. *Eur J Soil Biol* 44:478-482.
 Pringle et al. 2015. *Fungal Ecol* 17:213-216.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Taizo Nakamori, Kei Ichisawa, Hoang Nguyen-Duc Pham, Yoshie Terashima	4. 巻 106
2. 論文標題 A new species of the genus <i>Ceratophysella</i> (Collembola: Hypogastruridae) and the first record of <i>Ceratophysella liguladorsi</i> from Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Edaphologia	6. 最初と最後の頁 11-18
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 該当する

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Taizo Nakamori, Kosaku Kamata
2. 発表標題 Geographic variation in interactions between Collembola and the insecticidal mushroom <i>Strobilurus ohshimae</i> in Japan
3. 学会等名 10th International Seminar on Apterygota (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Taizo Nakamori, Masaya Yonekawa, Masakazu Nakano
2. 発表標題 Frequency of spore attachment on the body surfaces of Collembola feeding on mushrooms
3. 学会等名 Asian Mycological Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中森泰三, 鎌田耕作
2. 発表標題 殺虫菌スギエダタケとトビムシの相互作用の地理的な違い
3. 学会等名 日本土壤動物学会第42回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中森泰三、鎌田耕作
2. 発表標題 殺虫菌スギエダタケを利用するトビムシ相の地理的な違い
3. 学会等名 日本土壤動物学会第41回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Taizo Nakamori, Kosaku Kamata
2. 発表標題 Biogeographic pattern of Collembola fauna associated with the insecticidal mushroom <i>Strobilurus ohshimae</i> in Japan
3. 学会等名 11th International Mycological Congress (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中森泰三、齋藤星耕
2. 発表標題 トビムシ類のDNAバーコーディングと次世代シーケンサーによる群集解析
3. 学会等名 日本動物学会第88回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 米川雅也, 中野将和, 中森泰三
2. 発表標題 きのご胞子のトビムシ体表への付着頻度
3. 学会等名 日本土壤動物学会第40回記念大会
4. 発表年 2017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
--	---------------------------	-----------------------	----