

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 24 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26292105

研究課題名(和文) アサリに寄生し漁業被害を与えるカイヤドリウミグモの寄生生態・進化に関する研究

研究課題名(英文) Studies on the parasitic ecology and evolution of *Nymphonella tapetis*, a harmful pycnogonid endoparasitic on the commercial bivalve, *Ruditapes philippinarum*.

研究代表者

宮崎 勝己 (Miyazaki, Katsumi)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号：20263064

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 8,200,000円

研究成果の概要(和文)：カイヤドリウミグモの分類学的位置について、18S rDNAを使った解析により、本種がトックリウミグモ科に属する事と本科が単系統である事を示した。次世代シーケンサーを使い開発した19種のマイクロサテライトマーカーを使った解析により、東京湾と三河湾の個体群が同じ起源を持つ事と、三浦半島三崎の個体群がそれらから独立している事を明らかにした。

福島県松川浦個体群が、2014年中に消失した事を確認した。野外調査により、ウミグモの寄生がアサリの栄養状態の悪化と潜砂深度の浅化を引き起こし、斃死の一因となっている事を明らかにした。室内実験により、アサリの斃死はウミグモ寄生に他の要因が加わり起きた事が示唆された。

研究成果の概要(英文)：18S rDNA analysis revealed the taxonomic position of *Nymphonella tapetis* within a monophyletic family Ascorhynchidae. Population genetic analysis using 19 newly developed microsatellite markers showed that the *N. tapetis* populations of Tokyo bay and Mikawa bay shared the same origin, whereas the population of Misaki, Moura peninsula was an independent one.

Vanishment of *N. tapetis* in Matsukawaura, Fukushima during 2014 was confirmed. Field observations revealed that the *N. tapetis* parasitism can reduce the burial depth and somatic condition of host clams, and eventually cause clam mortality on the sand. Laboratory experiments suggested that mass mortality of host clams was possibly caused by interactive effects between the parasitic infection and other environmental factors.

研究分野：無脊椎動物学

キーワード：分子系統解析、マイクロサテライトマーカー、トックリウミグモ科、アサリ潜砂、人工寄生実験、遺伝的交流、人為的分布拡大

1. 研究開始当初の背景

2007年の春、東京湾において突然、アサリに寄生するカイヤドリウミグモが大量発生し、アサリをはじめとする有用二枚貝類の大量斃死とそれに伴う大規模な漁場干潟への被害を惹起するという現象が発生した。これはウミグモ類が引き起こした世界初の漁業被害の例であり、アサリが優占する健全な漁場干潟の生態系全体が微小な寄生生物(ウミグモ)により著しく劣化するという、生態学的にも特異な現象であった。

直ちに被害が集中した千葉県の水産総合研究センターが中心となって研究班が組織され、研究代表者の宮崎は全期間、研究分担者の富山と山田は一部期間、班のメンバーとなった。この研究班はカイヤドリウミグモによる漁業被害の軽減を目指した、水産学的観点からの研究を進め、最終的にカイヤドリウミグモの生物学的特性に基づくアサリ放流生産手法の改良を提案し、2012年度で解散した。

しかしながら、カイヤドリウミグモの生態・生活史・系統分類等の基礎的な生物学的情報については、より積極的な対策を打ち出すには依然不十分な状況にあった。

2. 研究の目的

本研究は、生物学的知見が極めて不十分で生態学的にも未知の部分が多いにも関わらず、漁業被害という形で人間の生活に突発的に関わるといふ、海産無脊椎動物ではこれまで希有な現象に対して、生態学的側面・系統進化学的側面の2軸からアプローチし、相互に評価することで、大要以下の問題を解明することを目的とする。

・カイヤドリウミグモの寄生、特に大発生の要因と起源を解明し、干潟生態系への影響を評価する。

・ウミグモ類の生活史における二枚貝寄生性の起源を解明する。

3. 研究の方法

(1) 分子系統学的解析

カイヤドリウミグモの、分類学上の位置(科の所属)を明らかにするために、分子系統解析を試みる。

ウミグモ類の分子系統解析に関しては、未だデータ(タクソン)が十分ではないので、必要に応じてカイヤドリウミグモ以外の種についても塩基配列の決定を行う。

(2) 集団遺伝学的解析

ウミグモ類では集団遺伝学的解析に使用できる有用な分子マーカーが得られていないため、次世代シーケンサーを使ったマイクロサテライト領域の探索を行い、得られた領域の分子マーカーとしての有効性を検証することで、マイクロサテライトマーカーの開発を行う。

得られたマーカーを用いて、各産地で採集

された個体を集団遺伝学的に解析し、各産地個体群の遺伝学的特性や由来について検討を加える。

(3) 野外観察

松川浦を調査フィールドとし、アサリと種間関係を有する群集構造に関する定量的な定期モニタリング調査を行う。

干潟における潜砂アサリと非潜砂アサリに注目して、ウミグモ寄生率・強度と潜砂の深さとアサリの肥満度との関係を調査し、カイヤドリウミグモの寄生がアサリなどの宿主二枚貝に与える影響を評価する。

カイヤドリウミグモとアサリの栄養関係を調べるため、野外採集個体の安定同位体比の測定を行う。

(4) 室内実験

アサリにカイヤドリウミグモ孵化幼生を定量的に人工寄生させ室内飼育する実験系を構築する。その上で、カイヤドリウミグモの(強制)寄生強度がアサリに与える影響を調査し、野外観察の結果と併せて、寄生がアサリなどの宿主二枚貝に与える実際の影響を調査する。

またウミグモ幼生が寄生中に宿主を移動する可能性について、その有無を検証する。

4. 研究成果

(1) 分子系統解析

18S rDNA, COI, ITS1 を候補とした予備検討を行い、18S rDNA を目的の系統解析用の遺伝子種に選定した。

カイヤドリウミグモ及びそれと近縁であると考えられる3種について、それらの塩基配列を新たに決定し、データベース上の既知の配列を加えた分子系統解析を行った結果、これまでいくつかの説が対立していたカイヤドリウミグモの科の所属が、トックリウミグモ科の一員であると明確に示されると共に、従来解析では不明瞭であったトックリウミグモ科の単系統性が強く支持された(Miyazaki et al., 2015)。

またカイヤドリウミグモを含むトックリウミグモ科に属する属の多系統性が示されたことから、トックリウミグモ科内の将来的な分類学的再編の必要性が示唆された。

(2) 集団遺伝解析

次世代シーケンサーを用いたゲノム解読により、マイクロサテライト配列の検出とプライマーの設計を行った。その上でカイヤドリウミグモ集団解析用の遺伝子マーカーとして有用と検証された19のマイクロサテライトマーカーを新規開発した。

開発したマーカーを用い、東京湾(木更津・富津)・三河湾・三浦半島(三崎)からそれぞれ採集された個体を用いた予備的な解析を行った。その結果、これらの個体群が4つの遺伝子型に分類されること、東京湾と

三河湾の個体群が遺伝的にほぼ同一であるのに対し三崎の個体群が遺伝的に独立していること、東京湾と三河湾への移入履歴は比較的早くほぼ同時期であるのに対し三崎は比較的新しいことが、それぞれ示された(未発表)。

これらの結果からは、各産地の個体群の由来は明らかに出来ないが、同じ起源を持つ東京湾と三河湾の個体群は、人為的な要因によって分布拡大したことが示唆される。

(3) 野外観察

福島・松川浦のカイヤドリウミグモ個体群については、東日本大震災後も小規模ながら存続していたが、2014年中から全く見出せなくなり、その状態が本研究期間中継続したことから、当該個体群は消失したものと考えられる。そのため当初計画していた、アサリと種間関係を有する群集構造に関する定量的定期モニタリング調査は断念した。

上記個体群消失前に得られていたウミグモ寄生率及び寄生強度・アサリの潜砂深度・アサリのサイズ・アサリの閉殻力のデータ解析及び室内実験(後述)により、カイヤドリウミグモの寄生がアサリの栄養状態の悪化と潜砂深度の浅化を引き起こしたことが示され、そのことが被寄生宿主二枚貝の斃死の一因となっていることが示唆された(Tomiyama et al., 2016)。

東京湾からの野外採集個体を用いた安定同位体比測定により、カイヤドリウミグモ寄生個体がアサリを栄養源としていることが明確に示されると共に、初期寄生幼生がアサリの体液のみを利用しているのに対し、後期寄生幼生では組織片の利用も行っていることが示唆された。更に宿主貝から出て自由生活をする成体は、寄生生活中に蓄積した宿主アサリの栄養に依存していることも示唆された(山田ら, 2015)。

(4) 室内実験

室内飼育実験の結果、カイヤドリウミグモ寄生個体は、寄生生活の途中で宿主間を移動していないことを確認した。

定量的な人工寄生実験により、カイヤドリウミグモの寄生がアサリの潜砂深度の浅化と閉殻力及び肥満度の低下を引き起こしていることが示された。これらの結果と野外観察によるデータの解析結果と合わせ、カイヤドリウミグモの寄生がアサリの潜砂行動に影響を与え、結果として斃死宿主二枚貝が砂表面に現れたものと考えられる(Tomiyama et al., 2016)。

同じく定量的な人工寄生実験により、アサリに対する十分な栄養条件下では、カイヤドリウミグモの低い感染強度ではアサリの生残率に影響がほとんど無く、自然条件下では考えられない程極めて高い強度の下で、ようやく影響が現れることを確認した。またアサリに対する栄養条件を悪化させて同様の実

験をしたところ、アサリの生残率が大きく下がったことから、野外におけるアサリ等の宿主二枚貝の大量斃死は、カイヤドリウミグモの寄生が単独の原因では無く、寄生と他の環境要因の悪化とが相まって引き起こされたものであることが示唆された(Yamada et al., 2017)。

引用文献

山田勝雅・金谷弦・宮崎勝己・富山毅・玉置雅紀(2015) 寄生-宿主間の栄養関係に関する研究のこれまでとこれから: アサリ-カイヤドリウミグモを事例に. 日本水産学会誌 81: 888-889.

(その他の引用文献は、次項「主な発表論文等」の〔雑誌論文〕に記載。)

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7件)

Katsumasa Yamada, Katsumi Miyazaki, Takeshi Tomiyama, Gen Kanaya, Yoshifumi Miyama, Tomoyoshi Yoshinaga, Kunihiro Wakui, Masanori Tamaoki & Mitsuharu Toba (2017) Impact of sea spider parasitism on host clams: susceptibility and intensity-dependent mortality. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom (in press). 査読有り

DOI: 10.1017/S0025315417000200

Takeshi Tomiyama, Katsumasa Yamada, Kunihiro Wakui, Masanori Tamaoki & Katsumi Miyazaki (2016) Impact of sea spider parasitism on host clams: relationships between burial patterns and parasite loads, somatic condition, and survival of host. Hydrobiologia 770: 15-26. 査読有り

DOI: 10.1007/s10750-015-2564-y

Katsumi Miyazaki, Takeshi Tomiyama, Katsumasa Yamada & Masanori Tamaoki (2015) 18S analysis of the taxonomic position of an endoparasitic pycnogonid, *Nymphonella tapetis* (Arthropoda: Pycnogonida: Ascorhynchidae). Journal of Crustacean Biology 35: 491-494. 査読有り

DOI: 10.1163/1937240X-00002348

〔学会発表〕(計19件)

Katsumi Miyazaki, Tomás Munilla León & Masanori Tamaoki. A taxonomic evaluation on the genus *Nymphonella* (Arthropoda, Pycnogonida, Ascorhynchidae). The joint meeting of the 22nd International Congress of Zoology and the 87th Meeting of the Zoological Society of Japan. 2016年11月14-19日. 沖縄コンベンションセンター(沖縄県・宜野湾市)

宮崎勝己・Tomás Munilla León・玉置雅紀.

カイヤドリウミグモ属（節足動物門：ウミグモ綱：トックリウミグモ科）の分類学的再検討．日本動物分類学会第 52 回大会．2016 年 6 月 11-12 日．北海道大学札幌キャンパス（北海道・札幌市）

Katsumi Miyazaki, Takeshi Tomiyama, Katsumasa Yamada & Masanori Tamaoki. Morphology, distribution and mode of life in the sea spider *Nymphonella* spp. (Arthropoda, Pycnogonida): Potential endoparasitism on Asari outside Japan. The Third International Symposium on Manila (Asari) Clam. 2015 年 6 月 1-2 日．アスト津（三重県・津市）

Takeshi Tomiyama, Takashi Iwasaki, Kunihiro Wakui, Katsumasa Yamada, Masanori Tamaoki & Katsumi Miyazaki. Dynamics of the sea spider parasitism on asari in Matsukawaura Lagoon, Fukushima, Japan. The Third International Symposium on Manila (Asari) Clam. 2015 年 6 月 1-2 日．アスト津（三重県・津市）

Katsumasa Yamada, Katsumi Miyazaki, Seinen Chow, Toshihiro Yamamoto, Takeshi Tomiyama, Tomoyoshi Yoshinaga, Yoshifumi Miyama, Masanori Tamaoki & Mitsuharu Toba. Life history and distribution of a sea spider, *Nymphonella tapetis*, parasitic on the Manila clam, *Ruditapes philippinarum*, in Tokyo Bay, Japan. The Third International Symposium on Manila (Asari) Clam. 2015 年 6 月 1-2 日．アスト津（三重県・津市）

富山毅・山田勝雅・涌井邦浩・玉置雅紀・宮崎勝己. 潜砂状態の異なるアサリのカイヤドリウミグモ寄生状況と宿主の生残．平成 26 年度日本水産学会秋季大会．2014 年 9 月 19-22 日．九州大学箱崎キャンパス（福岡県・福岡市）

山田勝雅・宮崎勝己・富山毅・金谷弦・良永知義・深山義文・涌井邦浩・玉置雅紀・鳥羽光晴. カイヤドリウミグモの寄生強度と宿主アサリの生残率と活力の関係：ウミグモ寄生がアサリ資源を減少させたのか？平成 26 年度日本水産学会秋季大会．2014 年 9 月 19-22 日．九州大学箱崎キャンパス（福岡県・福岡市）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮崎 勝己 (MIYAZAKI, Katsumi)
新潟大学・自然科学系・教授
研究者番号：20263064

(2) 研究分担者

玉置 雅紀 (TAMAOKI, Masanori)
国立研究開発法人国立環境研究所・研究員
研究者番号：00311324

富山 毅 (TOMIYAMA, Takeshi)
広島大学・生物圏科学研究科・准教授
研究者番号：20576897

山田 勝雅 (YAMADA, Katsumasa)
国立研究開発法人水産研究・開発機構・研究員
研究者番号：80569195

(3) 連携研究者

(4) 研究協力者

鳥羽 光晴 (TOBA, Mitsuharu)
良永 知義 (YOSHINAGA, Tomoyoshi)
涌井 邦浩 (WAKUI, Kunihiro)
深山 義文 (MIYAMA, Yoshifumi)
金谷 弦 (KANAYA, Gen)
Tomás Munilla León