

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 24 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24580267

研究課題名(和文) 寄生虫と耳石を生物標識として活用したニホンウナギの生活履歴の高精度解析

研究課題名(英文) A detailed ecology of Japanese eels based on the parasites and otoliths as indicators

研究代表者

長澤 和也 (Nagasawa, Kazuya)

広島大学・生物圏科学研究科・教授

研究者番号：40416029

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：耳石と寄生虫を生物標識として用いることにより、これまでほとんど知見がなかった、ニホンウナギの汽水域における生態を明らかにすることができた。特に、汽水域に生息するニホンウナギに寄生する線虫類の1種(ヘリコネマ・アングレ)に注目して研究したところ、本種の間宿主がカニ類であり、ニホンウナギは汽水域でカニ類を含む底生生物を捕食していることを明らかにすることができた。また、汽水域のニホンウナギには、単生類の1種(シュウドダクチルス・カメガイイ)が寄生していた。これは、この寄生虫が個体群を維持できるほど、汽水域にはニホンウナギ資源が安定して存在することを示している。

研究成果の概要(英文)：Ecological aspects of Japanese eels (*Anguilla japonica*) were investigated by studying the microchemistry of otoliths and the parasite fauna as indicators of the life of the species. This study has revealed that Japanese eels prey on a variety of benthic animals including crabs, which serve as the intermediate hosts of the eel stomach nematode (*Heliconema anguillae*), in brackish waters. Japanese eels from brackish waters were also infected by the gill monogenean (*Pseudodactylogyrus kamegaii*), which indicates that Japanese eels stably maintain their stocks as the host of the monogenean in brackish waters.

研究分野：水産増殖学

キーワード：ニホンウナギ 寄生虫 耳石

1. 研究開始当初の背景

ニホンウナギは、わが国で年間に約 10 万も消費される水産上の重要な魚種であるが、1970 年代から資源が著しく減少しており、養殖種苗となるシラスウナギの供給が著しく不足している。また、多くの国内需要に対処するため、中国や台湾で養殖されたものを輸入して補っているが、従来、これら地域ではヨーロッパ産シラスウナギを輸入して養殖を行ってきたものの、ヨーロッパウナギ資源が過去の 100 分の 1 に激減したことにより、その国際取引が規制されている。一方、わが国ではウナギ養殖における天然種苗への依存から脱するため、ニホンウナギの種苗生産に成功した。しかし、その規模はまだ実験段階に留まっており、実用的な大量生産技術の確立には至っていない。このような状況のもと、天然水域に生息するニホンウナギの生態を明らかにして、その資源を保全し持続的な利用を図ることが求められている。

しかし、ニホンウナギはその産業上の重要性にもかかわらず、わが国では資源を保全・管理するための生態学的知見が極めて不足している。特に近年、ニホンウナギには河川や湖沼などの淡水にすむ (= 淡水ウナギ) のほかに、一生を海で過ごす海ウナギと、一生のうち海 (汽水) と淡水を複数回にわたって行き来する河口ウナギの存在が発見され、後二者による繁殖がニホンウナギ資源を支えていることが示唆されている。ところが、これら海ウナギと河口ウナギに関する調査事例は極めて限られ、その生態の多くは不明である。また、両者と淡水ウナギとの関係もよく分かっていない。このため、ニホンウナギの資源管理と保全対策を構築するために、本種の 3 回遊型 (海ウナギ、河口ウナギ、淡水ウナギ) の生態解明が急務の課題となっている。

2. 研究の目的

宿主の生物情報を提供する寄生虫と、回遊情報を提供する耳石の 2 つを生物標識として活用することにより、資源が著しく減少しているニホンウナギの 3 回遊型 (海ウナギ、河口ウナギ、淡水ウナギ) の生活履歴を詳細に解析して、本種資源の保全と持続的利用のための生物学的知見を得ることを目的とする。具体的には、

(1) ニホンウナギの生活履歴を示す指標寄生虫の特定

先行研究によると、わが国のニホンウナギからはこれまでに約 40 種の寄生虫が発見されている。本研究では、それら寄生虫が海産・汽水産・淡水産のいずれかであるかと明らかにし、ニホンウナギの生活履歴の解明に用いる「指標寄生虫」を特定する。

(2) 耳石の微量元素分析に加えて、上記で明らかにした海・汽水・淡水由来の指標寄生虫を用いて、ニホンウナギの 3 回遊型の生活履歴を明らかにする。なかでも、特に生物学

的知見が欠如し、本種繁殖の鍵を握っていると考えられている河口ウナギと海ウナギの生態解明に焦点を当てる。詳しくは、河口ウナギの沿岸海洋域と汽水における移動状況を解明するほか、沿岸海洋域における河口ウナギと海ウナギの混成状況・滞在期間を明らかにする。また、生活環に中間宿主を含む寄生虫の出現状況に基づいて、淡水域を含めた 3 水域における海ウナギ、河口ウナギ、淡水ウナギの食履歴や詳細な生活場所 (微生物空間) を解明する。

3. 研究の方法

日本各地で採集したニホンウナギを対象に、耳石の微量元素分析を実施して、海ウナギ・河口ウナギ・淡水ウナギの 3 回遊型を識別するとともに、指標寄生虫が有する生物学的情報をもとにして、各回遊型ウナギの生活履歴 (移動・生息場所・食性等) を詳細に解析する。特に本研究では、愛媛県の御荘湾とその流入河川 (僧都川・蓮乗寺川)、鹿児島県の錦江湾に流入する新川、佐賀県の有明海と流入河川 (鹿島川・塩田川・石木津川) においてニホンウナギを多数採集して、宿主の生態解明を試みた。

具体的には、日本各地で採集したニホンウナギを広島大学に活魚で運び、耳石を摘出した。耳石は中心面を研磨・表出した後、耳石中心から縁辺に向かう直線上における Sr と Ca の濃度を波長分散型マイクロアナライザーで測定し、Sr/Ca 比の値に基づいて、ウナギの各個体を海ウナギ・河口ウナギ・淡水ウナギに識別した。次に、これらニホンウナギを寄生虫検査に供した。各個体の体内外を実体顕微鏡下で詳細に検査して、外部および内部寄生虫を採取した。これらの寄生虫は、分類群に応じて必要な処置を行って標本とし、形態学的特徴に基づいて同定を行った。

愛媛県の御荘湾周辺、鹿児島県の錦江湾沿岸、佐賀県の有明海沿岸では、ニホンウナギの胃に寄生するヘリコネマ *Heliconema* 属線虫の生活環を明らかにするため、中間宿主の候補と推測されるカニ類を採集して寄生虫検査に供した。

4. 研究成果

(1) 愛媛県にある御荘湾の湾奥部と流入河川の蓮乗寺川と僧都川の下流域においてニホンウナギを採集して頭部から耳石を摘出し、ストロンチウムとカルシウムの濃度を測定してその比に基づいて、ニホンウナギの回遊型を識別した。また、耳石を摘出したニホンウナギの鰓に寄生する単生類を採集して、種の同定を行った。その結果、ニホンウナギには 4 つの回遊型 (I 型: 淡水域のみに生息した個体, II 型: 淡水域と低塩分域を交互に移動した個体, III 型: 淡水域で生活後に汽水域に移動した個体, IV 型: 汽水域に留まった個体) が認められた。また、単生類にはシュードダクチルス *Pseudodactylogyrus* 属の 3 種

が認められ、それらはアンギレ *P. anguillae*, ビニ *P. bini*, カメガイイ *P. kamegaii* であった。これら単生虫類は、アンギレがニホンウナギ I 型、ビニが I 型、カメガイイが IV 型に主に寄生していた。

これにより、ニホンウナギには異なる水域を利用する複数の回遊型が確認されるとともに、それら回遊型には異なる単生類が寄生していることが明らかになった。特に、汽水域での生活履歴があるニホンウナギにカメガイイが見られたことは、この寄生虫が個体群を維持できるほど、汽水域にはニホンウナギ資源が長期的に安定して存在することを示した。

(2) 愛媛県にある御荘湾と流入河川において採集したニホンウナギを対象に、耳石の微量元素分析を実施して主な生息域を特定するとともに、寄生虫を採集して、それら寄生虫の出現状況が生息域とどのように対応するかを検討した。その結果、流入河川の淡水域で生活していたニホンウナギはアカントケファルス *Acanthocephalus* 属鉤頭虫の寄生を高率に受けており、淡水域で中間宿主の等脚類を餌生物として利用していることが明らかになった。また、中間宿主候補と考えられた等脚類(ミズムシ)を実際に採集して検査したところ、鉤頭虫の幼虫を検出できた。一方、御荘湾の汽水域で採集したニホンウナギの胃にはヘリコネマ属線虫の重度寄生が見られた。このため、御荘湾沿岸域において、中間宿主の可能性のあるカニ類等を採集して、ヘリコネマ属線虫の寄生の有無を調べたところ、ウナギへの感染能力を有する幼虫を見出した。このことから、ニホンウナギは汽水域においてカニ類等を多く捕食して、ヘリコネマ属線虫の感染を受けると推測された。また、流入河川でニホンウナギと同所的に生息するオオウナギの寄生虫相を調べた結果、淡水域のニホンウナギの寄生虫相と大きな差がないことが明らかになった。

(3) 愛媛県の御荘湾と流入河川における研究結果に基づき、同様の調査を鹿児島県の錦江湾に流入する河川と佐賀県の有明海に流入する河川の河口域で実施したところ、これら水域に生息するニホンウナギにヘリコネマ属線虫の寄生が認められ、同じ場所のカニ類にも本線虫の幼虫が寄生していた。また、ニホンウナギの消化管内容物を解析したところ、中間宿主とみなされるカニ類(ケフサイソガニとタカノケフサイソガニ)を実際を含んでおり、ニホンウナギはカニ類を捕食することによりヘリコネマ属線虫の感染を受けると推測された。

(4) ヘリコネマ属線虫の種レベルでの分類学的位置を検討したところ、従来、言われてきたヘリコネマ・ロンギシマム *Heliconema longissimum* ではなく、ヘリコネマ・アンギレ *Heliconema anguillae* に同定するのが適切であることが明らかになった。

(5) 以上の調査に加えて、日本各地からも

ニホンウナギを採集して、寄生虫相を調べた。その結果、過去にニホンウナギから報告されていない寄生虫、イソパロルキス *Isoparorchis* 属吸虫やヒダビル *Limnotrachelobdella okae* が見いだされ、寄生虫相に関する新たな知見を得ることができた。

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6件)

1. Kan, K., Sato, M. & Nagasawa, K., Tidal-flat macrobenthos as diets of the Japanese eel *Anguilla japonica* in western Japan, with a note on the occurrence of a parasitic nematode *Heliconema anguillae* in eel stomachs. *Zoological Science*, 33, 査読有, 2016, pp. 50-62.

2. Nagasawa, K. & Utsumi, K., A piscicolid leech *Limnotrachelobdella okae* (Hirudinida) infesting a Japanese eel, *Anguilla japonica*, in Japan. *Biogeography*, 17, 査読有, 2015, pp. 95-97.

3. Katahira, H. & Nagasawa, K., *Heliconema anguillae* Yamaguti, 1935, a physalopterid nematode found in Japanese eels: taxonomic resurrection with a note on the third-stage larva from intertidal crabs in western Japan, *Folia Parasitologica*, 62, 査読有, 2014, p. 028 (8 pp).

4. Katahira, H. & Nagasawa, K., Helminths from the giant mottled eel *Anguilla marmorata* Quoy & Gaimard in Japan, with a description of *Acanthocephalus longiacanthus* n. sp. (Acanthocephala: Echinorhynchidae), *Systematic Parasitology*, 88, 査読有, 2014, pp. 91-102.

5. Nagasawa, K., Katahira, H. & Nitta, M., *Isoparorchis hypselobagri* (Trematoda: Isoparorchidae) from freshwater fishes in western Japan, with a review of its host-parasite relationships in Japan (1915-2013), *Biogeography*, 15, 査読有, 2013, pp. 11-20.

6. Katahira, H., Mizuno, K., Umino, T. & Nagasawa, K., Influence of host habitat on the occurrence of gill monogeneans *Pseudodactylogyrus* spp. on wild Japanese eels *Anguilla japonica*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 100, 査読有, 2012, pp. 43-49.

[学会発表](計3件)

1. 片平浩孝・長澤和也, 寄生虫群集の変異性を探る - 特に、ニホンウナギの生活史多型に注目して - . 第60回日本生態学会, 2013年3月8日, 静岡グランシップ(静岡市)

2. 片平浩孝, 通し回遊魚と寄生虫 - これま

でと、これから - , 水族寄生虫談話会, 2013
年3月2日, 東京大学(東京都)

3. 片平浩孝, 寄生虫を見れば魚の生態がわかる!? 一ニホンウナギにおける試み一, 第20
回長崎最西端進化生態学セミナー, 2013年2
月1日, 長崎大学(長崎市)

〔その他〕

ホームページ等

広島大学生物圏科学研究科水産増殖学研究室

[http://home.hiroshima-u.ac.jp/aquacult/index.htm](http://home.hiroshima-u.ac.jp/aquacult/index.html)

1

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長澤 和也 (NAGASAWA KAZUYA)

広島大学・大学院生物圏研究科・教授

研究者番号: 40416029

(2) 研究分担者

海野 徹也 (UMINO TETSUYA)

広島大学・大学院生物圏研究科・准教授

研究者番号: 70232890

(3) 連携研究者

片平 浩孝 (KATAHIRA HIROTAKA)

日本学術振会・特別研究員(北海道大学)

研究者番号: 70722651