

平成30年6月15日現在

機関番号：14501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K18742

研究課題名(和文) バイオロギングを用いたニホンウナギの摂餌イベント検出法の確立と野外への応用

研究課題名(英文) Development of a method to detect feeding events of Japanese eel using bio-logging and its application in the field

研究代表者

板倉 光 (ITAKURA, HIKARU)

神戸大学・理学研究科・特別研究員(PD)

研究者番号：40749040

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)：本研究では、バイオロギングを用いたニホンウナギの摂餌イベント検出法の開発、バイオテレメトリーと胃内容物分析を用いた汽水湖(神西湖)におけるウナギの活動特性・行動特性・食性の検討を行った。その結果、摂餌後に体温が上昇する場合も認められたが、安定した結果は得られず、現状では体温の上昇のみからでは摂餌活動を確実に検出することは困難であると考えられた。また、黄ウナギの活動は光と密接な関係があること、本湖に生息するウナギの主要な餌生物はシジミ類とゴカイ類であり、これらが主に生息する湖岸付近にウナギは主に分布していることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：This study tried to develop a method to detect feeding events of yellow phase Japanese eels using bio-logging, and investigated activities, behaviors and food habits of yellow eels in the brackish-water lake (Lake Jinzai) using biotelemetry and stomach content analysis. Results showed that feeding events of eels could not be detected by increase in body temperature in the peritoneal cavity after feeding. Moreover, activities of yellow eels closely associated with the light density. The core areas of the tagged eels were restricted to the proximity of the shore areas, probably because their principal prey organisms mainly inhabited there.

研究分野：魚類生態学

キーワード：ニホンウナギ 摂餌生態 バイロロギング バイオテレメトリー 汽水域 保全

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

激減するニホンウナギ資源を保全するためには、乱獲に対して適切な漁獲を行うとともに、成長期を過ごす河川の生息環境を修復・保全することが重要である。河川環境を保全・修復するためには、成長期にあたる黄ウナギの活動特性、行動範囲、摂餌といった生態情報を蓄積するとともに、保全の指針となる好適な生息環境について理解することが重要である。特に、摂餌生態に関する情報は、動物の保全上欠かせない重要な知見である。

黄ウナギの好適な生息環境を理解するためには、摂餌場所や頻度、摂取エネルギーを生息環境毎に正確に推定することが必要である。魚類の摂餌に関する既往研究では、胃内容物と炭素窒素安定同位体比の分析が主に用いられてきた。これらの方法では、大まかな水域・時刻における、黄ウナギの集団としての平均的な摂餌を推定することに留まり、個体毎のピンポイントでの摂餌場所・頻度、摂取エネルギーを連続的かつ正確に捉えることは困難であった。

近年、魚類の腹腔内温度のデータから摂餌イベントを推定する研究が行われている。この手法は、摂餌の際の消化過程で生じる体温上昇を検出することで摂餌イベントを推定するものであり、これまで環境水よりも高い体温を持つマグロやカツオ類を中心に研究が進められてきた。研究開始前の予備実験から、ニホンウナギにおいても摂餌後に体温が上昇することを確認した。そのため、詳細に実験を行うことでウナギの新たな摂餌イベントの検出法を確立することができるものと考えた。

一方で、ニホンウナギの黄ウナギの活動特性や行動範囲については、これまでバイオテレメトリーを用いた研究によって淡水域においてのみ実施されてきたため、汽水域においては不明な点が多い。汽水域は、人口の集中から人間活動の影響を強く受けるため、汽水域における黄ウナギの行動特性を理解することは重要である。加えて、淡水域の研究から夜行性であると考えられている本種の活動は光と密接な関係があると想定され、照度と黄ウナギの活動との関係を正確に把握することが昼夜の活動をさらに理解する上で不可欠である。

2. 研究の目的

本研究では、飼育実験によって、ニホンウナギの摂餌後の体温変化を観察し、その上昇から摂餌イベントが推定できるどうか検討した。また、汽水湖におけるウナギの活動・行動特性について明らかにする目的で、島根県出雲市の神西湖においてバイオテレメトリー実験を行った。さらに、同湖におけるウナギの食性を検討するため、採集調査によって得られた個体を用いて胃内容物分析を行った。

3. 研究の方法

飼育実験：2016-17年の2年間にわたり、主に鹿児島県の河川から採集した黄ウナギ10個体の腹腔内に小型記録計（LOTEK社製、Canada、アーカイバルタグ、LAT1400）を麻酔下で腹腔内に装着し、室内水槽において飼育した。手術後馴致のため2週間を開けた後、給餌を開始し、給餌後の腹腔内の体温変化を繰り返し観察した。なお、餌は金魚を与えた。

バイオテレメトリー：2017年8月から11月にかけて、島根県出雲市の神西湖においてバイオテレメトリー実験を行った。神西湖は約1kmの差海川によって日本海と繋がった、周囲長5.3km、面積1.14km²の小さな汽水湖である。超音波受信機（Vemco社製、Canada、VR2WおよびVR2T）を計15台湖内に設置した。湖内において、漁業者によって定置網で採集された黄ウナギ計10個体を実験に供した。実験個体に麻酔下で超音波発信機（Vemco社製、Canada、V9T-1H）を腹腔内に装着した。その後、実験個体が十分に回復したことを確認し、2017年8月上旬に放流した。また、照度計を3台湖底付近に設置し、光量子密度を計測した。2017年11月上旬に受信機よりデータを回収し、VPS（Vemco Positioning System、Vemco社、Canada）によって水平位置を解析した。

胃内容物調査：2016年の初夏から秋季にかけて、同湖において定置網によってニホンウナギを採集した。採集した個体は直ちに冷凍し、後日解凍して胃内容物調査を行い、本湖に生息するウナギの食性について検討した。

4. 研究成果

飼育実験の結果、腹腔内にアーカイバルタグを装着した個体に給餌したところ、摂餌後に体温が上昇する場合も認められたが、摂餌後に体温が上昇しない場合や、摂餌後に体温が上昇しない個体も観察され、安定した結果は得られなかった。そのため、現状では、体温の上昇のみからでは摂餌活動を確実に検出することは困難であると考えられた。今後は、適切なタグの装着位置を再検討するとともに加速度等のデータも使用して検出法を確立する必要があるものと考えられる。

バイオテレメトリー実験の結果、黄ウナギの検出された水平位置数（プロット数）は昼間に比べて夜間で有意に高く、約97%が夜間に検出されたものであった（図1）。また、調査期間内の合計移動距離、最大移動距離についても昼間に比べて夜間の方が有意に長く（図2）、汽水域に生息する黄

ウナギも淡水域に生息する個体と同様、夜行性を示した。僅かながら昼間にも活動が見られたため、黄ウナギのプロットが昼間に検出された日と検出されなかった日の昼間の光量子密度を比較したところ、昼間に検出された日の方が低かった。すなわち、黄ウナギの昼間に検出された活動は通常よりも暗い日に起こっていた。また、黄ウナギの活動の有無は光量子密度と密接な関係を示し、活動が検出される確率は光量子密度の増加とともに低下した（図3）。以上より、黄ウナギの活動は光と密接な関係があることが確認され、僅かな光の違いで活動が変化する可能性が示唆された。

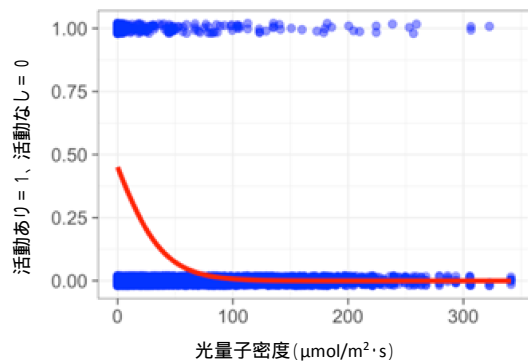


図3 活動に対する光量子密度の効果

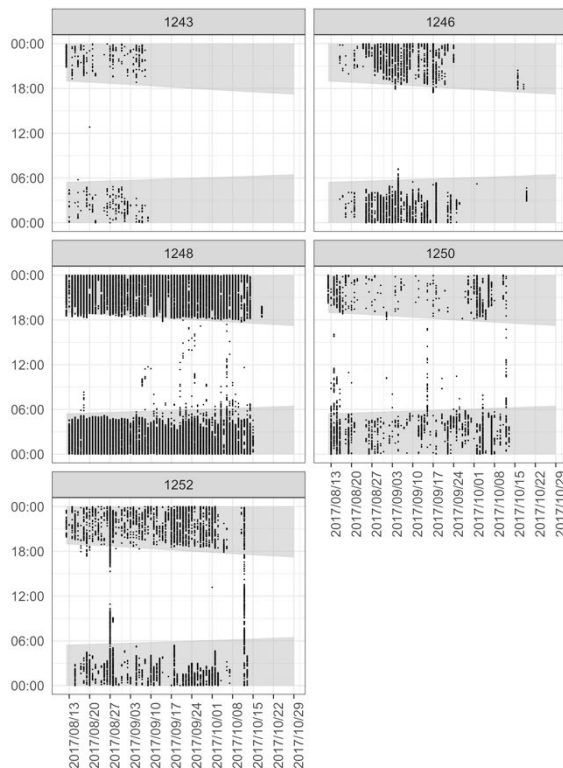


図1 昼夜の黄ウナギの検出されたプロット
灰色のエリアは夜間を示す。番号は個体番号を示す。

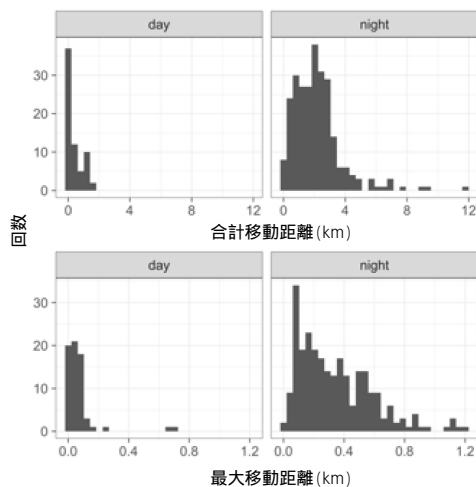


図2 昼夜の黄ウナギの合計移動距離 (k
と最大移動距離のヒストグラム

黄ウナギのホームレンジは湖岸から沖合に向かって広がっている一方で、コアエリアは湖岸付近に集中した。ホームレンジは $0.295 \pm 0.291 \text{ km}^2$ (平均 \pm 標準偏差)、コアエリアは $0.042 \pm 0.043 \text{ km}^2$ 、最大移動距離は $1295 \pm 310 \text{ m}$ であった（図4）。これらの値は、利根川水系淡水域で報告されている値と比較して高かった。

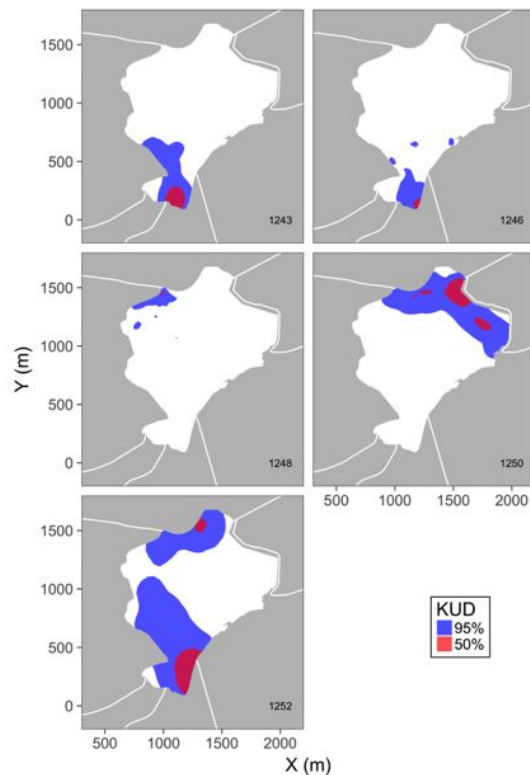


図4 カーネル密度によって推定した各個体のホームレンジ (95%KUD) とコアエリア (50%KUD)

胃内容物分析の結果、40%の個体から胃内容物が検出された。胃内容物が消化等の理由によって不明であった個体を除くと、各餌の出現率はヤマトシジミが41%、ゴカイ類が33%、魚類が22%、その他の貝類が4%であった。本湖で採集されたウナギの胃内容物の74%を占めたヤマトシジミとゴ

カイ類は湖岸から数十 m 付近に主に生息しており、このことが、黄ウナギが湖岸付近を分布の中心としている一因かもしれない。

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3件)

1. Itakura, H., Miyake, Y., Kitagawa, T., Kimura, S. (2018). Site fidelity, diel and seasonal activities of yellow-phase Japanese eels (*Anguilla japonica*) in a freshwater habitat as inferred from acoustic telemetry. *Ecology of Freshwater Fish*, doi.org/10.1111/eff.12389 (査読あり)
2. Kaifu, K., Itakura, H., Amano, Y., Shirai, K., Yokouchi, K., Wakiya, R., Murakami-Sugihara, N., Washitani, I., Yada, T. (2017). Discrimination of wild and cultured Japanese eels based on otolith stable isotope ratios. *ICES Journal of Marine Science*, doi.org/10.1093/icesjms/fsx173(査読あり)
3. Arai, K., Itakura, H., Yoneta, A., Yoshinaga, T., Shirotori, F., Kaifu, K., Kimura, S. (2017). Discovering the dominance of the non-native European eel in the upper reaches of the Tone River system, Japan. *Fisheries Science*, 83:735-742, doi.org/10.1007/s12562-017-1107-z (査読あり)

〔学会発表〕(計9件)

1. 松尾真宙・吉永龍起・板倉光・脇谷量子郎「同一水系に生息するウナギ属2種の生態」東アジア鰻学会第一回研究発表会、2018年3月31日、東京大学大学院農学生命科学研究科フードサイエンス棟中島董一郎記念ホール(東京都文京区)
2. 荒井考磨・板倉光・米田彬史・海部健三・木村伸吾「同一水系に生息するウナギ属2種の生態」東アジア鰻学会第一回研究発表会、2018年3月31日、東京大学大学院農学生命科学研究科フードサイエンス棟中島董一郎記念ホール(東京都文京区)
3. Itakura, H., Kitagawa, T., Miyake, Y., Kimura, S. Site fidelity, diel and seasonal activity of growth phase Japanese eel (*Anguilla japonica*) in the freshwater habitat inferred from acoustic telemetry. 32nd Annual Tidewater American Fisheries Society Meeting, 25 January 2018, Beaufort and Morehead City (USA).
4. Itakura, H., Wakiya, R., Yamamoto, S., Kaifu, K., Minamoto, T. Environmental DNA analysis is a useful tool for estimating

the abundance and biomass of Japanese eels in rivers. The 1st UK International Eel Science Symposium, 13 June 2017, London (UK).

5. Kaifu, K., Itakura, H., Amano, Y., Shirai, K., Yokouchi, K., Wakiya, R., Murakami-Sugihara, N., Washitani, I., Yada, T. Discrimination of wild and stocked Japanese eels based on otolith stable isotope ratios. The 1st UK International Eel Science Symposium, 13 June 2017, London (UK).
6. Itakura, H., Kitagawa, T., Miyake, Y., Kimura, S. Site fidelity, diel and seasonal activity of growth phase Japanese eel in the freshwater habitat inferred from acoustic telemetry. The 1st UK International Eel Science Symposium, 13 June 2017, London (UK).
7. Miyake, Y., Takeshige, A., Itakura, H., Yoshida, A., Kimura, S. Recruitment mechanism of *Anguilla japonica* glass eels implied by 50-year catch and oceanographic data and model. The 1st UK International Eel Science Symposium, 13 June 2017, London (UK).
8. Arai, K., Itakura, H., Yoneta, A., Kaifu, K., Yoshinaga, T., Kimura, S. A study on the natural distribution of the Japanese eel in the Tone River system, Japan. The 1st UK International Eel Science Symposium, 13 June 2017, London (UK).
9. Kimura, S., Arai, K., Itakura, H., Yoneta, A., Yoshinaga, T., Kaifu, K. Inhabitation of the European eel in the Japanese rivers. The 1st UK International Eel Science Symposium, 13 June 2017, London (UK).

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
なし

6．研究組織

(1)研究代表者

板倉 光 (ITAKURA HIKARU)
神戸大学大学院理学研究科・日本学術振興
会特別研究員 PD
研究者番号：40749040

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

()

研究者番号：

(4)研究協力者

()