

海洋アライアンス イニシャティブ報告書

採択課題名：ニホンウナギの保全に向けた汽水域における黄ウナギの行動モニタリング

主提案者名：三宅陽一・新領域創成科学研究科／大気海洋研究所・助教

共同提案者：木村伸吾・新領域創成科学研究科／大気海洋研究所・教授

大竹二雄・大気海洋研究所・特任研究員

黒木真理・農学生命科学研究科・助教

報告書提出年月日:2018年3月10日

研究の目的

ニホンウナギは我が国の重要な水産資源であるが、その漁獲量は近年激減し、2013年には環境省、2014年には国際自然保護連合 (IUCN) のレッドリストに絶滅危惧種として掲載され、資源の保全が急務となっている。本種は外洋に産卵場を持ち、沿岸で成長する降河回遊魚であるため、有効な保全策を実施することができるのは沿岸生活期に限られる。この時期は黄ウナギ（成長期）と呼ばれ、生活史の最も長い時間をかけて沿岸の内湾や河川で定住生活を行う。人間の生活圏である沿岸で過ごす黄ウナギ期は人間活動の影響を強く受けるものと考えられ、実際に、沿岸における人為的な環境改変は本種資源の減少の一因であると指摘されている。特に汽水域は、人口の集中から人間活動の影響を強く受けることに加えて、生物の生産性が高く、淡水域と比べて多くのニホンウナギが生息することが知られている。そのため、本種資源を保全するためには、汽水域における黄ウナギの行動特性を理解することが不可欠である。

一般に、ウナギ属魚類は夜行性であるため、黄ウナギの行動の把握にはバイオテレメトリー法が有効であると考えられる。バイオテレメトリーを用いた黄ウナギの行動研究は、ニホンウナギと同様に漁獲量の減少が著しいヨーロッパウナギやアメリカウナギで精力的に進められてきたにもかかわらず、ニホンウナギにおいては提案者らが利根川の淡水域で行った研究が一例あるのみで、汽水域における黄ウナギの行動特性についてはほとんど何も分かっていないのが現状である。提案者らのこれまでの研究により、黄ウナギの淡水域での行動範囲は非常に狭いこと、黄ウナギは夜行性であるが一定の割合で昼間にも活動が見られることが明らかになった。汽水域においても行動範囲を把握し、淡水域での調査結果と比較しながら行動特性を総合的に検討していく必要がある。また、夜行性であ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。

近年開発された高精度測位システム（VR2W Positioning System: VPS, Vemco, Canada）は複数の受信機の受信範囲をオーバーラップさせて設置し、動物に装着した発信機からの信号を3つ以上の受信機で検出することで、各受信機での到達時間の差から対象動物の水平位置を数 m の誤差で推定することができる。そこで、本イニシヤティブでは、汽水域における黄ウナギの水平位置を VPS によって特定し、昼夜の活動パターン、移動距離、行動範囲について調査した。

手法

本調査は、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実施した（図 1）。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 5.3 km、面積 1.14 km² の小さな汽水湖である。超音波受信機（VR2W, Vemco 社, Canada）を計 15 台湖内に設置した（写真 1 と 2）。湖内において、漁業者によって「ます網」で採集された黄ウナギ計 10 個体を実験に供した。実験個体に麻酔をかけた状態で超音波発信機（V9T-1H, Vemco, Canada）を腹腔内に挿入した（写真 3 と 4）。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（写真 5）。放流個体の全長と体重（平均±標準偏差）は、それぞれ 609±59 mm、330±110 g であった。また、照度計を地点 1 の湖底付近に設置し（図 1、写真 1）、光量子密度を計測した。2017 年 11 月上旬に受信機より回収されたデータは Vemco 社に送信され、水平位置の解析が行われた。得られた水平位置データから、昼夜の水平位置検出数（プロット数）、合計移動距離、最大移動距離を求め、一般化線形混合モデル（GLMM）で比較した。また、カーネル密度推定を使用し、95%と 50%のカーネル密度等高線で囲まれた面積を求め、それぞれホームレンジ(95%KUD: Kernel utilization distribution)とコアエリア(50%KUD)と定義した。

成果

放流した 10 個体のうち 7 個体からデータが得られた。個体毎に得られたデータ数の範囲は 76～17599 個、平均±標準偏差は 4841±5962 個であった。得られたデータの期間は、0.1～67 日の範囲で平均±標準偏差は 42±27 日であった。このうち、数時間～数日しかデータが得られなかった 2 個体については解析から除外し、5 個体を以降の解析に用いた。

図 2 に時間毎の黄ウナギの検出された水平位置（プロット）を示す。黄ウナギのプロ

ット数は昼間に比べて夜間で有意に高く (GLMM: $p < 0.0001$)、約 97%が夜間に検出されたものであった。また、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かった (図 3; GLMM: $p < 0.0001$)。これらの結果は、汽水域に生息する黄ウナギが淡水域に生息する個体と同様に夜行性であることを示している。

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 (活動あり: $13.4 \mu \text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ [中央値]; 活動なし: $44.6 \mu \text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 、Mann-Whitney U -test, $p < 0.01$)。よって、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ると推察される。図 4 は光量子密度のヒストグラムである。ウナギのプロットが検出された時の光量子密度の 50 パーセントタイルは $1.9 \mu \text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 、75 パーセントタイルは $50.4 \mu \text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 、95 パーセントタイルは $174.2 \mu \text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ であった。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 (GLMM: 係数 \pm 標準誤差 = -0.04674 ± 0.002034 , $z = -22.9758$, $p < 0.001$)、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 5)。例えば、ウナギの活動は光量子密度が $0 \mu \text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ の時に 45%の確率で検出されるが、光量子密度が昼間の平均値である $65 \mu \text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ になると約 4%まで低下した。時間当たりの黄ウナギのプロット数も同様に、光量子密度が高くなるほど減少する傾向が認められた (GLMM: 係数 \pm 標準誤差 = -0.00164 ± 0.0001 , $z = -12.839$, $p < 0.0001$)。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。近年、北半球では人工光による生態系への悪影響が懸念されており、活動が光と関係するニホンウナギにおいては光害の影響を受けやすいかもしれない。今後、飼育実験により、活動が生じる照度の閾値を調査することで、本種の生態に配慮した人工光の設置方法等の理解が進むものと考えられる。

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 (図 6)。本湖の黄ウナギは湖岸から数十 m の礫質のエリアに生息するヤマトシジミを餌として主に利用していることが胃内容物調査の結果から分かっており、この餌を利用するために黄ウナギは湖岸付近を分布の中心としているのかもしれない。データが得られた全期間のホームレンジは $0.295 \pm 0.291 \text{ km}^2$ (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。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 (ホームレンジ: $0.085 \pm 0.068 \text{ km}^2$ 、コアエリア: $0.014 \pm 0.014 \text{ km}^2$ 、最大移動距離 $744 \pm 268 \text{ m}$)。今後、淡水域に比べて汽水域に生息する個体の行動範囲が広い理由を明らかにするために、両

者のマイクロハビタットの量や多様性、餌生物等の分布と行動範囲との関係について調査する必要がある。

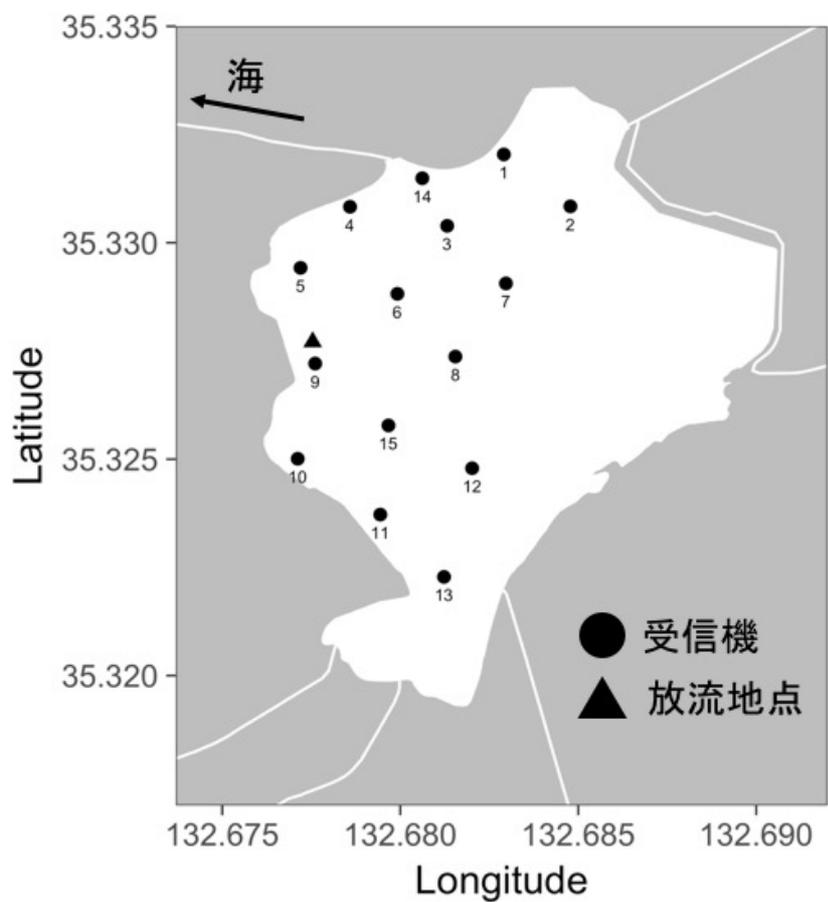


図1 調査対象とした島根県出雲市神西湖の地図
受信機下の番号は地点番号を示す。地点1に光量子計を設置した。

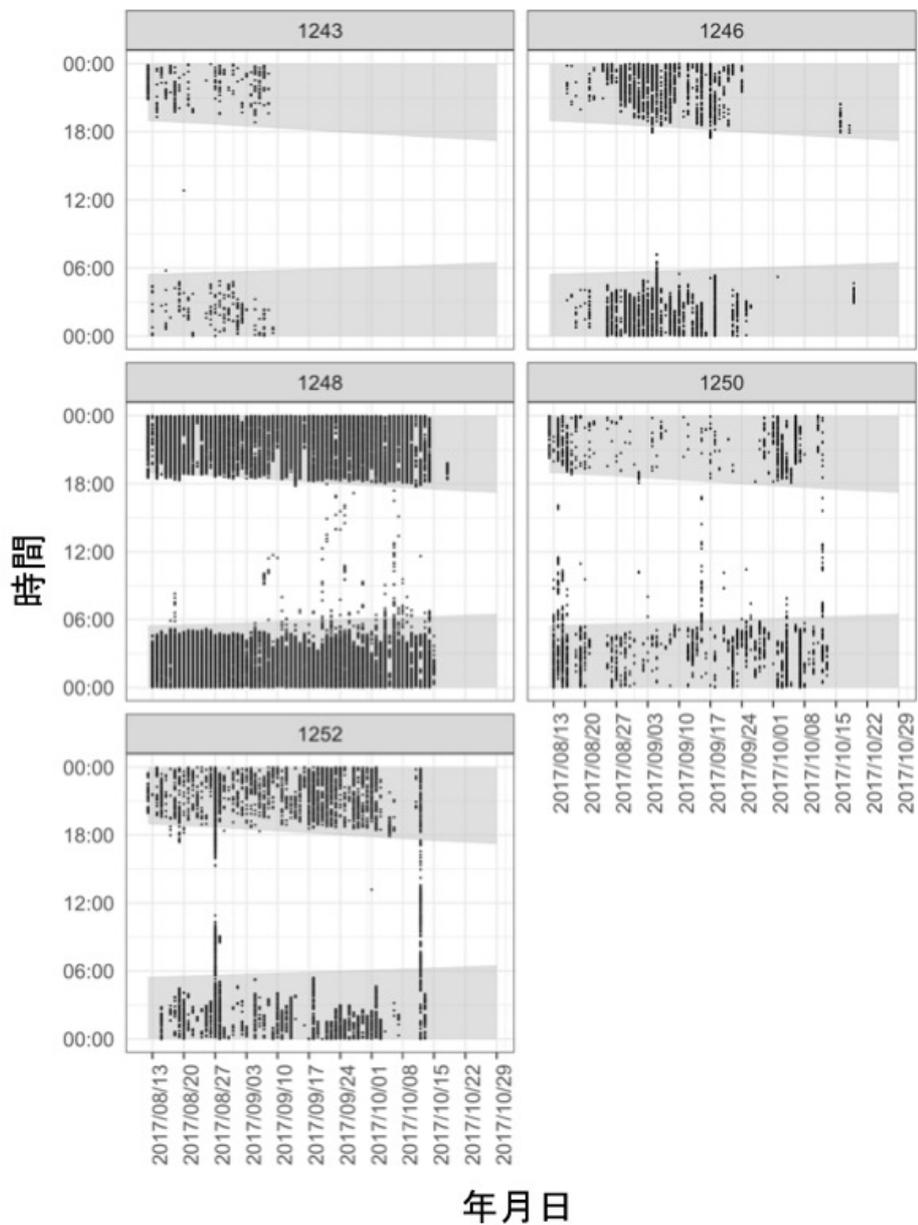


図2 昼夜の黄ウナギの検出されたプロット
 灰色のエリアは夜間を示す。番号は個体番号を示す。

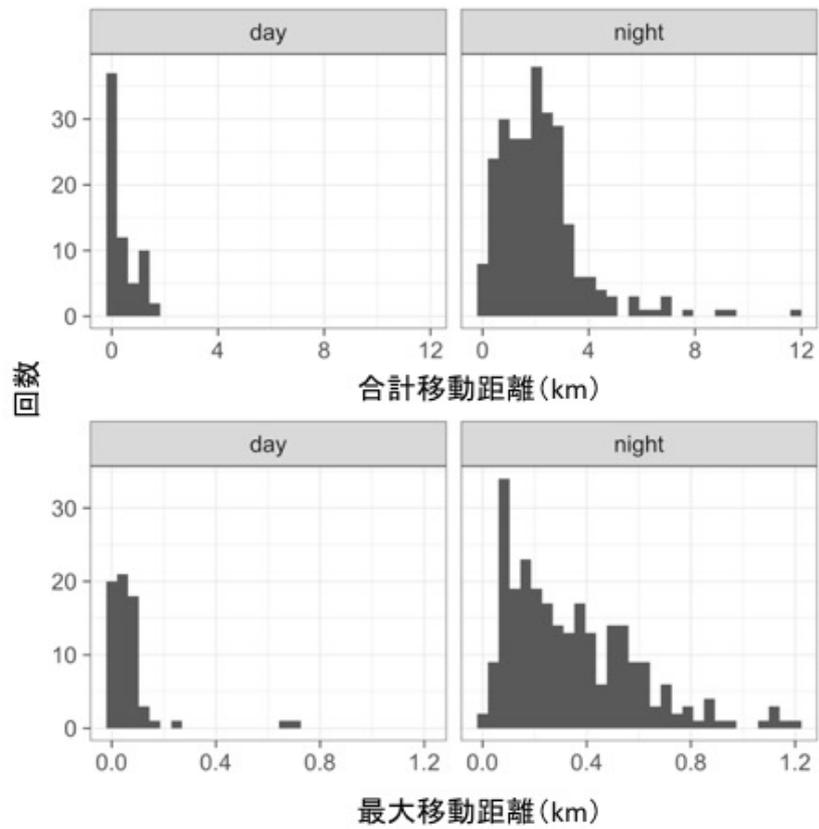


図3 昼夜の黄ウナギの合計移動距離(km)と最大移動距離(km)のヒストグラム

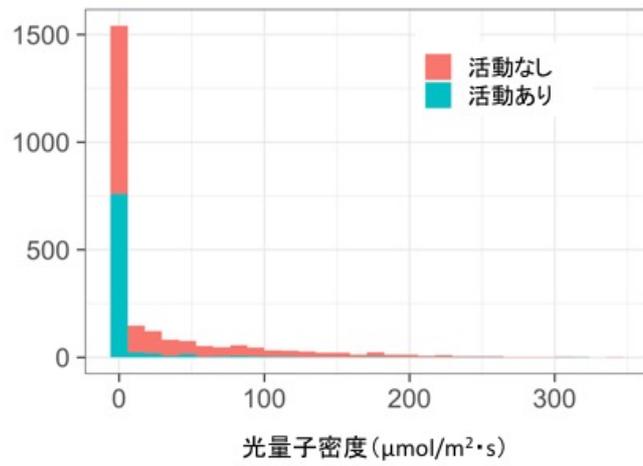


図4 光量子密度($\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)のヒストグラム

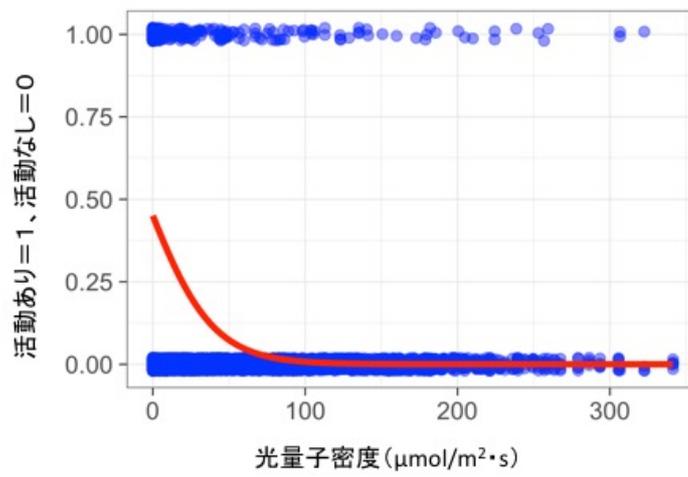


図5 活動の有無に対する光量子密度の効果

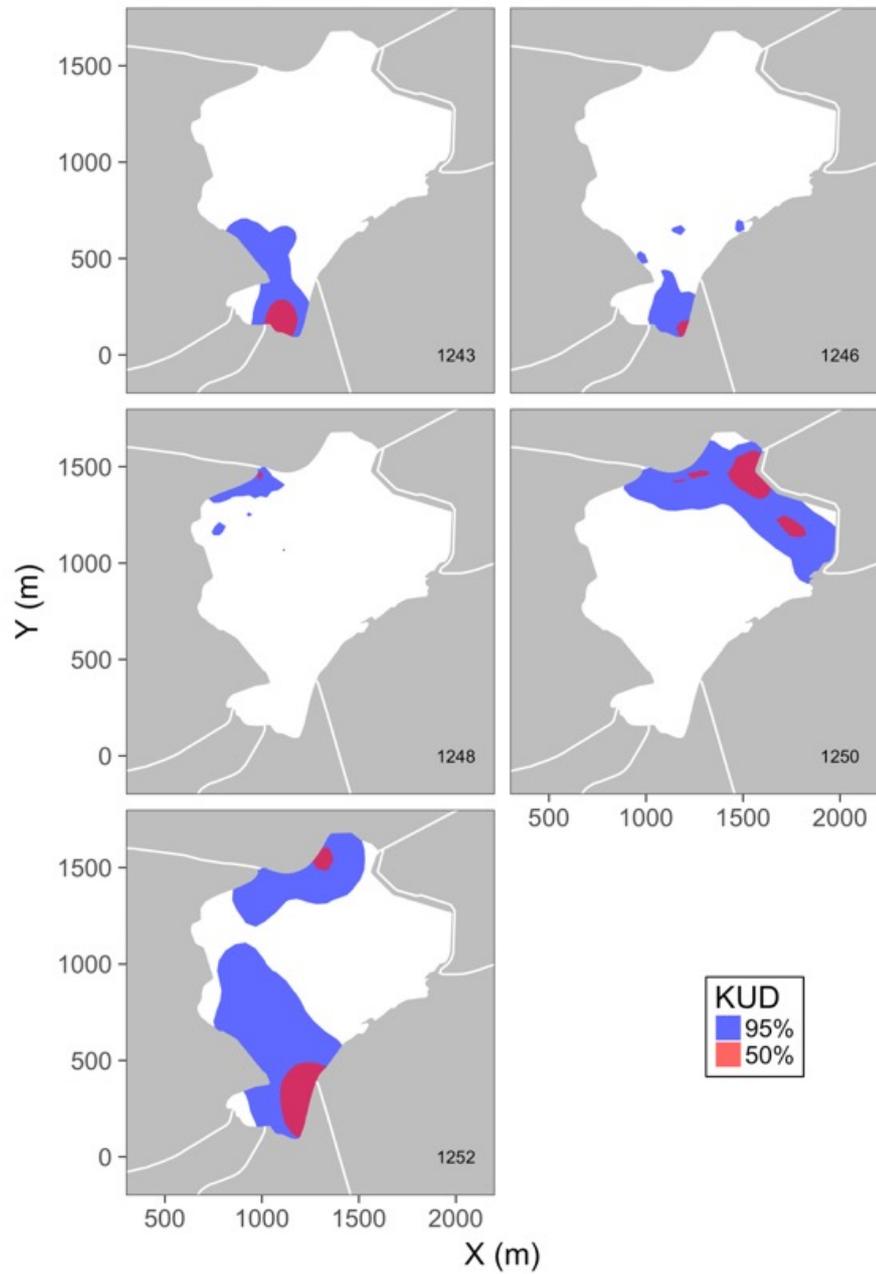


図6 カーネル密度によって推定した各個体のホームレンジ(95%KUD)とコアエリア(50%KUD)



写真1



写真2



写真3



写真4



写真5

- 写真1 受信機とその下に設置した光量子
- 写真2 設置後の受信機設置セット
- 写真3 発信機
- 写真4 腹腔内に発信機を装着した黄ウナギ
- 写真5 放流直前の黄ウナギ