

ニホンウナギ大回遊の謎の解明に向けて大きく前進
～太陽の軌道の一つの手がかりとしてニホンウナギが遊泳方向を決めている可能性～

- ・ 今まで不明であった外洋でのニホンウナギ自身の遊泳速度に関する情報を得ることに初めて成功しました。
- ・ ニホンウナギは日本近海で放流すると南に向かって遊泳し、産卵場のマリアナ海域内の南側で放流すると北に向かって遊泳することを発見しました。
- ・ ニホンウナギが太陽の軌道の一つの手がかりとして遊泳方向を決めている可能性があります。

水産研究・教育機構の研究チームは、ニホンウナギ成魚の産卵回遊中の遊泳生態を解明するため、平成22年度と24年度に、水産庁が漁業調査船照洋丸で実施した調査において、超音波発信器を装着したニホンウナギ成魚を産卵回遊初期に通過する日本近海や産卵場のマリアナ海域内の南側などで放流して追跡調査を行いました。追跡時の水平的な移動から、現場で観測した海流成分を差し引くことで、ニホンウナギ自身の遊泳方向と速度を抽出した結果、冬場に日本近海の黒潮域で放流したニホンウナギは強い黒潮で北東方向に流されながらも、ニホンウナギ自身は南に向かって遊泳しており、夏場に産卵場であるマリアナ海域内の南側で放流したものは、北方向へ向かって遊泳していました。ウナギ属魚類は、地磁気などさまざまな情報を利用して回遊すると考えられていますが、今回の観測でニホンウナギが南方向へ遊泳していたときには、その地点の太陽は南中する軌道を持ち、北へ遊泳していたときには太陽は北中する軌道を持っていたことなどから、太陽の位置情報も回遊に利用している可能性が考えられました。

今後も産卵回遊のナビゲーションを解明するため、引き続き研究を進める必要があります。

本研究成果は、Springer Natureによって刊行されている「Scientific Reports」に掲載されました。

本件照会先：

国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産資源研究所

社会・生態系システム部 漁業生態系グループ 福田野歩人 [TEL:045-788-7906](tel:045-788-7906)

参考資料

【発表論文】

タイトル: Active swimming and transport by currents observed in Japanese eels (*Anguilla japonica*) acoustically tracked in the western North Pacific.

(北西太平洋において音響追跡したニホンウナギで観察された能動的遊泳と海流による輸送)

著者: Fukuda, N., Yamamoto T., Yokouchi K., Kurogi H., Okazaki M., Miyake Y., Watanabe T., Chow S.

福田野歩人、山本敏博、横内一樹、黒木洋明、岡崎誠、三宅陽一、渡邊朝生、張成年
(水産研究・教育機構)

掲載雑誌: Scientific Reports

DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05880-x>

【研究の背景】

動物が精緻に繰り返す長距離大移動は古くから人々の興味を惹きつけてきました。ウナギ属魚類はその代表例で、ニホンウナギは一生の中で成育場から産卵場まで 3000km の大回遊を行います。近年、ニホンウナギの資源量が減少し、その資源生態の解明が必要となっています。繁殖に向かうニホンウナギがどのように外洋を遊泳して産卵場まで辿り着くのか、その大回遊のメカニズムはいまだ謎に包まれています。

海洋生物の長距離回遊の追跡には、主に衛星通信を利用したポップアップタグと超音波発信器を用いる方法があります。前者では、電子記録式タグを生物に装着して放流し、プログラムしたタイミングでタグを切り離して海面へ浮上させ、タグに記録された照度や深度データを衛星を通して送信します。この研究により、ウナギ属魚類が昼間に深い層を、夜間に浅い層を遊泳する日周鉛直移動やその深度の詳細、回遊ルート的一端が明らかとなりました。後者は、生物に超音波発信器を装着して、遠隔から受信しその位置を把握しますが、外洋では調査船で受信しながら追跡を続け、1 個体に張り付くこととなります。そのため、コストや労力の面で制限が大きいです。追跡中に現場環境を同時に計測できるため、追跡時の水平移動から海流による輸送成分を差し引くことで、生物自身の能動的な遊泳方向や速度を抽出することが可能であり、これは前者にはないメリットです。他のウナギ属魚類では、回遊を始めたばかりの沿岸域で現場の海流を計測しながら超音波発信器を用いて追跡した調査が数例ありますが、ウナギ属魚類全体でも外洋での試みはありませんでした。

【研究の内容と意義】

国立研究開発法人水産研究・教育機構の研究チームは、平成 22 年度と 24 年度に、水産庁が漁業調査船照洋丸で平成 22 年度に実施したウナギ産卵場生態調査及び 24 年度に実施したウナギ産卵回遊調査において、ニホンウナギ成魚 (以下、ウナギ) に超音波発信器を装着し、

日本近海の黒潮域や産卵場のマリアナ海域で放流して追跡しました（図1）。この追跡調査について、ウナギが日没日出に合わせて規則正しく浅深移動することを2014年に報告していましたが、今回はこの調査で得られた水平方向の移動について分析を行い、ニホンウナギ自身の遊泳方向と速度を抽出することに成功しました。

追跡時の移動を遊泳と海流輸送に分解した結果、黒潮域では主に流れの強い海流による輸送がウナギの移動に大きく影響し、海流が強くないマリアナ海域周辺では遊泳が移動に大きく影響していることが分かりました（図2）。また、これまでなかったウナギ自身の水平的な遊泳速度に関する情報（昼間：平均26-40cm/s、夜間：平均29-41cm/s）も得られました。

ウナギの水平的な遊泳方向には、2つの特徴的なパターンが見られました。一つ目は、日中の旋回行動、二つ目は、放流緯度による南北遊泳方向の変化です。日中の旋回行動は、昼間に水深400m以浅を遊泳していた個体で正午前後に見られました（図2）。光を嫌う負の走光性というウナギの行動性質により、東から西へ動く太陽に対して反対方向へ遊泳した結果、旋回したものと考えられました。通常の回遊時には、ウナギは昼間、500m以深のより暗い水深層へ潜るため、今回の旋回行動は放流直後のみに見られる特殊なケースと考えられましたが、ウナギが少なくとも400m以浅で太陽の方角を認知していることを示す新たな発見となりました。二つ目として、産卵場であるマリアナ海域より北側で放流したウナギは南に向かって遊泳し、マリアナ海域の南側で放流したウナギは北に向かって遊泳していたことがわかりました（図3）。マリアナ海域より北側でウナギを放流した地点での太陽は南中する軌道を持ち、マリアナ海域の南側でウナギを放流した地点での太陽は北中する軌道を持っていました（図3）。これらのことから、ウナギは光の届きにくい中深層を遊泳していても、太陽の軌道の一つの手がかりとして遊泳方向を決めている可能性があると考えられました。今回の研究成果により、これまで不明であったウナギ自身の能動的な遊泳の一端が明らかとなりました。黒潮域で放流された場合、その強い流れで北東へ流されますが、南方向へ遊泳し続けることによってやがては黒潮域を抜け、それ以降は能動的な遊泳で南へ向かうものと考えられました。また、ウナギは南北の遊泳方向を決めるために、太陽の軌道の一つの手がかりとしている可能性が示唆されました。光のほとんど届かない中深層の魚類が太陽を手がかりとして遊泳する可能性を初めて示すことに成功しました。ウナギ属魚類は地磁気など、他のさまざまな情報も利用するものと考えられ、大回遊のメカニズムについては今後の研究の深化と発展が必要です。

近年、ニホンウナギの稚魚（シラスウナギ）の採捕量は低水準にあり、平成26年6月には国際自然保護連合（IUCN）のレッドリストに絶滅危惧IB類として掲載されるなど、ニホンウナギ資源の保全や回復が急務となっています。ニホンウナギの資源を回復させるためには、産卵親魚を増やす必要があります。産卵回遊機構の理解が進めば、繁殖に参加できる可能性が高い生息場所を優先的に保全したり、繁殖が期待できる放流種苗の育成や放流の手法を開発したりすることに役立ち、マリアナ海域にたどり着く産卵親魚数を増やすこと

に貢献できるものと考えています。

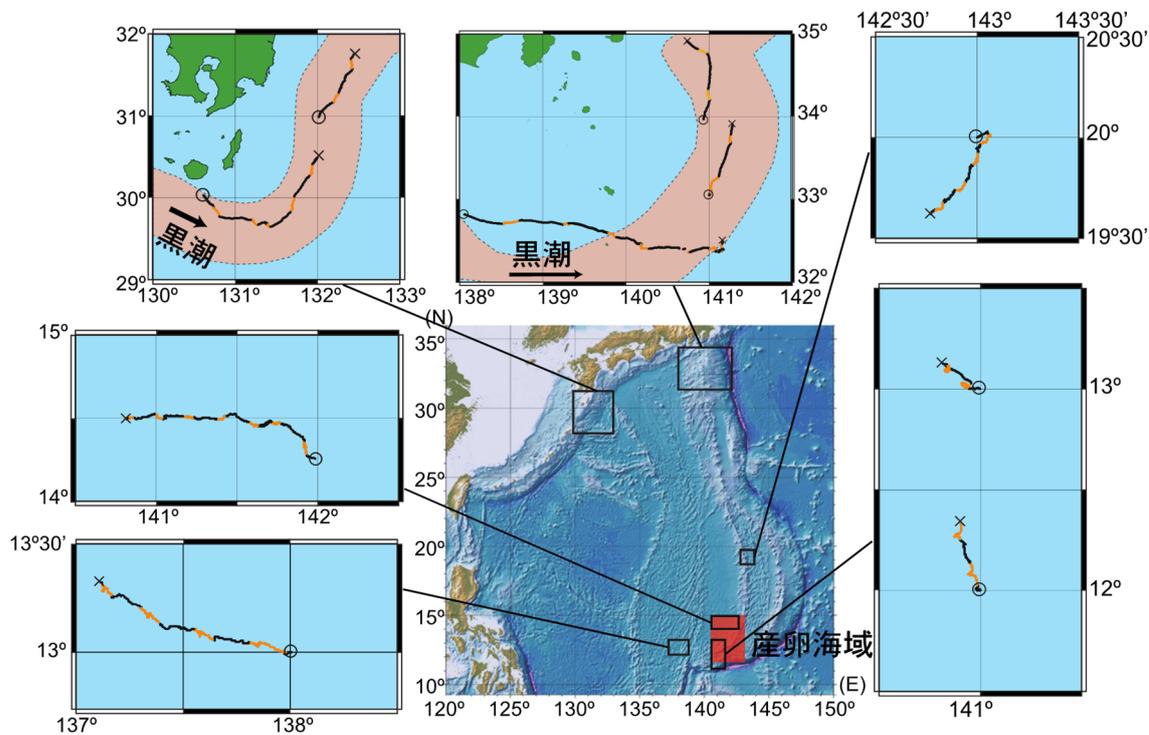


図1 超音波発信器を腹腔内に挿入したニホンウナギを日本近海とマリアナ海嶺周辺海域にて計10個体放流し追跡を行った。図中の丸(○)は放流地点、クロス(×)は追跡終了地点を示す。黒線は夜間の追跡軌道、黄線は昼間の追跡軌道を表す。

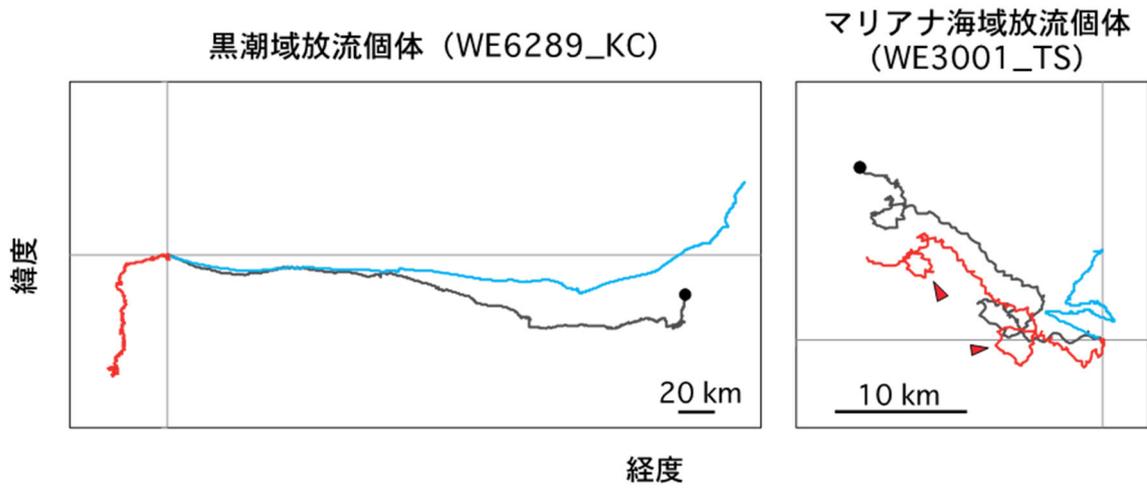
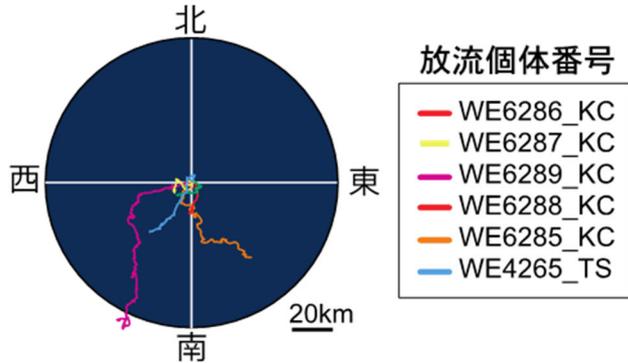
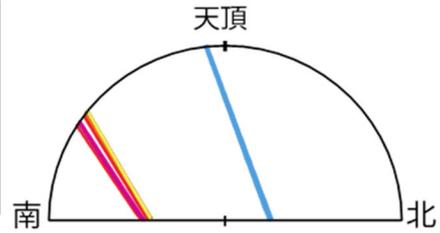


図2 追跡軌道（黒線）を遊泳軌道（赤線）と海流による輸送軌道（青線）に分解した。十字の交点が放流地点、黒丸が放流終了点を表す。黒潮域放流個体では、追跡軌道は海流による輸送軌道と類似する一方、遊泳軌道は南に向かっている。マリアナ海域放流個体では、追跡軌道は遊泳軌道に類似している。正午前（正午が赤矢頭）に、遊泳による旋回運動が見られる。

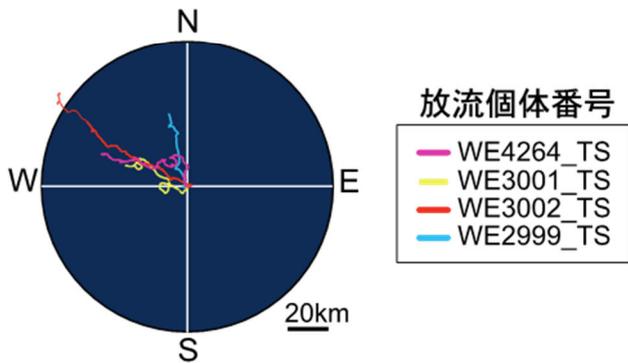
A. 遊泳による移動軌跡
(黒潮～亜熱帯: 北緯20°～35°)



C. 太陽の軌道
(黒潮～亜熱帯: 北緯20°～35°)



B. 遊泳による移動軌跡
(マリアナ海域: 北緯12°～15°)



D. 太陽の軌道
(マリアナ海域: 北緯12°～15°)

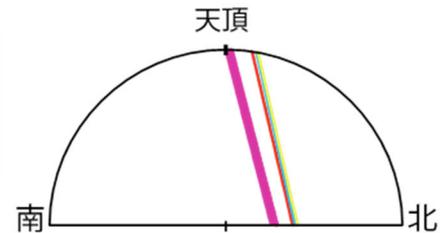


図3 遊泳ベクトル成分をつなげて構築した遊泳による移動軌跡 (A, 黒潮～亜熱帯の北緯20°～35°、B マリアナ海域の北緯12°～15°) と東から天球を見た場合の各地点での太陽の軌道 (C, D) を示す。個体の遊泳による移動軌跡とその時の太陽の軌道は、同じ線の色で表されている。黒潮～亜熱帯で追跡した個体は遊泳軌道が南方向へ延び (A)、マリアナ海域で放流した個体は、遊泳軌道が北方向へ延びていた (B)。その時の太陽は、黒潮～亜熱帯での追跡時は、天頂より南の空で最高高度をとる軌道となり、マリアナ海域での追跡時は、太陽は天頂より北の空で最高高度をとる軌道か、ほぼ天頂を通る軌道となっていた。また、太陽が天頂を通過していた時、追跡個体 (WE4264_TS) の遊泳に南北の方向性は見られなかった。