

平成 30 年 5 月 16 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K14787

研究課題名(和文) シラスウナギの接岸機構の解明：物理環境と行動特性に基づく多面的アプローチ

研究課題名(英文) Investigation of cross-shelf migration mechanisms of *Anguilla japonica* glass eels using multiple approaches based on physical environments and behaviors

研究代表者

三宅 陽一 (Miyake, Yoichi)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・助教

研究者番号：30624902

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ニホンウナギの稚魚であるシラスウナギの漁獲量と物理環境を比較すると共に、数値モデルを用いて本生物の接岸回遊のコンピュータ・シミュレーションを実施した。1) 浜名湖における漁獲量は黒潮の流路や周辺水域の水温と関係することが明らかになった。2) 黒潮に面する県での漁獲量を物理環境データと比較したところ、風速の影響があることを見出した。3) シラスウナギの接岸回遊のシミュレーションから、本生物が深く分布した場合、より効率的に黒潮を離脱して、浜名湖周辺に来遊可能であることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：The catches of juvenile Japanese eel were compared with physical environmental data. The cross-shelf migration of glass eels between the Kuroshio and Lake Hamana was investigated using numerical simulations. 1) The glass eel catch in Lake Hamana was correlated with the path of Kuroshio, as well as the water temperature difference between Lake Hamana and Shirahama. 2) The glass eel catches in several prefectures facing the Kuroshio were correlated with the average wind speeds. 3) The hypothetical sinking of glass eels was found to facilitate their detrainment and cross-shelf migration from the Kuroshio.

研究分野：水産海洋学

キーワード：シラスウナギ 接岸回遊 黒潮

## 1. 研究開始当初の背景

我が国で消費されるニホンウナギの99%は養殖により賄われており、その養殖には沿岸や河口域で漁獲された天然のシラスウナギが用いられている。このため、ニホンウナギの持続的利用には、シラスウナギの確保が極めて重要であるが、その漁獲量は最盛期の1割にまで減少している。近年、漁期を短縮するなどの規制強化が始まり、適切な資源管理の重要性が増している。シラスウナギの来遊量予測に基づいて適切にとり残すなど、資源の圧迫を軽減するための効果的な資源管理方策の立案には、シラスウナギの接岸回遊に関する知見の蓄積は避けて通れない。

ニホンウナギの仔魚(レプトセファルス)は、西マリアナ海嶺付近の産卵場から北赤道海流と黒潮を経由して東アジアに輸送されることが分かっている(Kimura et al. 1994)。しかし、レプトセファルスから変態したシラスウナギの接岸回遊に関する研究は乏しく、接岸過程やそのメカニズムは未解明のままである。

そこで申請者は、シラスウナギが黒潮離脱から陸岸域に到達する過程に着目し、漁獲データの解析と調査航海から物理環境とシラスウナギの行動特性が接岸に及ぼす影響を把握することにより、海洋環境を効果的に利用する移動メカニズムについて仮説の構築が可能になると考えた。これに加え、数値モデルを適用し、仮説を理論的に検証することで、ニホンウナギの持続的利用の鍵となるシラスウナギの接岸機構の解明につなげることができると考えた。

## 2. 研究の目的

本研究では、シラスウナギが黒潮離脱から陸岸域に到達する過程において、陸岸方向の遊泳だけではなく、海洋環境を効果的に利用できる輸送戦略があると考え、(1)漁獲量・環境データ解析による接岸に関わる環境要因の特定、(2)調査航海による接岸過程での行動特性および環境に対する応答の把握から、(3)接岸を可能とする行動および環境についての仮説を立て、数値モデルによりその理論的検証を行い、シラスウナギの接岸機構について解明することを目的とした。

## 3. 研究の方法

(1) 漁獲量・環境データ解析によるシラスウナギの接岸に関わる環境要因の特定

【浜名湖】静岡県水産技術研究所から提供を受けた浜名湖における長期(1965~2014年)

のシラスウナギ漁獲量及び物理環境データを用いた。漁獲量は各漁期(12~4月)の合計値を利用し、物理環境データは漁期毎に平均化した上で解析を実施した。

【広域】黒潮沿岸域を対象とした広域解析では、漁業養殖業生産統計年報から黒潮に面した各県(鹿児島~千葉)の1981年~2014年の漁獲量を抽出し、各地における物理環境データを漁期で平均化処理をした上で比較し、探索的調査を実施した。

(2) シラスウナギの分布と海洋環境の研究船調査

研究船調査航海の課題が不採択であったため本調査を実施できなかったが、シラスウナギの接岸回遊のシミュレーションでは、数値モデルにレプトセファルスからシラスウナギへの変態に伴う比重変化(Tsukamoto et al. 2009)を参考にした行動を組み込んで実施した。

(3) シラスウナギの接岸を可能とさせる行動や環境に関する仮説の数値シミュレーションによる理論的検証

黒潮から浜名湖への接岸回遊について検討するため、数値モデルを用いて粒子追跡実験を実施した。海洋環境データには、1993-2012年漁期に対応する期間のFRA-JCOPE2.1再解析データ(海洋研究開発機構提供)を用いた。シラスウナギに見立てた粒子(仮想シラスウナギ)は漁期の1ヶ月前から最終月まで(11~4月)浜名湖からみて黒潮の上流に位置するトカラ海峡に毎日投入した。仮想シラスウナギの分布水深は海面付近の場合(1m)を想定した。また、シラスウナギの比重は仔魚期よりも高くなるため(Tsukamoto et al. 2009)分布水深を深くした場合(50m)を加えた2つのパターンで実験を行った。浜名湖から1, 10, 50, 100, 150km範囲内に輸送される仮想シラスウナギの割合を算出し、接岸回遊に関する理論的検討を行った。

## 4. 研究成果

(1) 漁獲量・環境データ解析によるシラスウナギの接岸に関わる環境要因の特定

【浜名湖】漁獲量・物理環境データ解析では、浜名湖における漁獲量と黒潮離接岸の指標との間に有意な正の相関があることが明らかになった。また、漁獲量と浜名湖・白浜間の水温差にも有意な正の相関が認められた。さらに、黒潮離接岸の指標に基づいて漁獲量を接岸・中等度・離岸の年に分けて浜名湖・白浜間の水温差と比較したところ、接岸・離岸の年では相関は認められないものの、中等

度の年では有意な正の相関を示すことが明らかになった。これらの結果から、シラスウナギの漁獲量は黒潮が接岸する年に高くなり、さらに黒潮離岸距離が中等度の年には本海流からの暖水波及にも影響を受けるものと考えられた。

【広域】黒潮に面した各県の漁獲量を対象とした広域解析では、黒潮流軸最短距離や水温と相関を示す県は少なかったものの、多くの県で風速と漁獲量の間に関連が認められ、とくに徳島県の漁獲量は高知県から鹿児島県にかけての風速と正の相関を示すことが分かった。また、高知県の漁獲量は、広い範囲で観測された風速と有意な相関を示した。これらの結果から、シラスウナギが来遊する冬季の季節風が水塊の分布変化や吹送流を通して接岸回遊に関係する可能性が考えられた。

(3)シラスウナギの接岸を可能とさせる行動や環境に関する仮説の数値シミュレーションによる理論的検証

(1)の結果から、浜名湖に来遊するシラスウナギは、浜名湖・白浜の水温差に代表される黒潮からの暖水波及に影響を受け、さらに変態時の比重増加が鉛直的に分布を移動させて黒潮からの離脱効果が上昇するとの作業仮説を立てて、シラスウナギの接岸回遊について数値シミュレーションを実施した。

仮想シラスウナギ(粒子)の分布水深を海面付近(1m)に設定したところ、(1)で浜名湖・白浜水温差と漁獲量が有意な正の相関を示したように、モデル上でも浜名湖・白浜水温差と浜名湖から50-100kmの範囲に輸送される仮想シラスウナギの割合に有意な正の相関が認められた。また、この相関はシラスウナギの分布水深が深くなることを仮定した場合(50m)により強く示された。このため、(1)で認められた漁獲量と浜名湖・白浜の水温差の関係性を数値シミュレーションでも示すことができた。さらに上記範囲内に輸送される仮想シラスウナギの数も分布水深に応じて多くなることが分かった。シラスウナギが変態に伴って分布水深を深くする場合、Miyake et al. (2015)で示された強流帯からの離脱効果があり、海洋環境を効率的に利用した接岸回遊機構となっている可能性を示しているものと推察された。

以上から、シラスウナギは、沿岸域への加入過程において、黒潮の接岸を利用し、黒潮内側域における暖水波及や風などの物理環境からも影響を受けると共に、本生物の鉛直行動が接岸効率を向上させる役割を果たしている可能性があると考えられた。本研究を通して、シラスウナギの接岸機構の解明に重要となる知見を得ることができ、さらにニホ

ンウナギの生態研究及びシラスウナギの水産資源研究に新たな展開をもたらすことができた。シラスウナギの接岸過程は、IUCNレッドリスト掲載種であるヨーロッパウナギやアメリカウナギでも未解明であり、本研究の成果はこれらのウナギ目の保全と持続的利用のための管理に役立つ可能性がある。さらに本研究の成果は西岸境界流から沿岸に来遊する海洋生物にも共通している可能性があるため、今後その普遍性について検討を進める必要がある。

#### 【引用文献】

Kimura, S., Tsukamoto, K., and Sugimoto, T. (1994) A model for the larval migration of the Japanese eel: roles of the trade winds and salinity front. *Marine Ecology Progress Series*, 119: 185-190.

Tsukamoto, K., Yamada, Y., Okamura, A., Kaneko, T., Tanaka, H., Miller, M.J., Horie, N., Mikawa, N., Utoh, T., and Tanaka, S. (2009) Positive buoyancy in eel leptocephali: an adaptation for life in the ocean surface layer. *Marine Biology*, 156: 835-846.

Miyake, Y., Kimura, S., Itoh, S., Chow, S., Murakami, K., Katayama, S., Takeshige, A., and Nakata, H. (2015) Roles of vertical behavior in the open-ocean migration of teleplanic larvae: modeling approach to the larval transport of Japanese spiny lobster. *Marine Ecology Progress Series*, 539: 93-109.

#### 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)

〔学会発表〕(計 5 件)

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 1<sup>st</sup> UK International Eel Science Symposium, London, UK. June, 2017

三宅陽一・竹茂愛吾・板倉光・吉田彰・木村伸吾. シラスウナギの接岸回遊における黒潮暖水波及の利用. 水産海洋学会研究発表大会, 品川, 2016年11月

Miyake Y, Takeshige A, Itakura H, Yoshida A, Kimura S. Shoreward intrusions of Kuroshio waters may influence the recruitment of a top predator in river ecosystems. PICES 25, California, U.S.A. November, 2016

Miyake Y, Takeshige A, Itakura H, Yoshida A, Kimura S. Glass eels of *Anguilla japonica* may migrate into the coastal ocean using shoreward intrusions of Kuroshio water. 40<sup>th</sup> Annual Larval Fish Conference, Maryland, U.S.A. June, 2016

三宅陽一・竹茂愛吾・板倉光・木村伸吾・シラスウナギの接岸と黒潮暖水波及の関係．日本水産学会春季大会，品川，2016年3月

## 6．研究組織

### (1)研究代表者

三宅 陽一 (MIYAKE, Yoichi)  
東京大学・大学院新領域創成科学研究科・助教

研究者番号：30624902