

令和 4 年 6 月 6 日現在

機関番号：32641

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H02225

研究課題名(和文) 耳石安定同位体比を利用したニホンウナギの天然加入個体/放流個体の分布状況の解明

研究課題名(英文) Evaluation on naturally-recruited/stocked Japanese eel distribution based on otolith stable isotope ratios.

研究代表者

海部 健三 (Kaifu, Kenzo)

中央大学・法学部・教授

研究者番号：30615258

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,270,000円

研究成果の概要(和文)：複数の水系より入手したニホンウナギについて、耳石の酸素・炭素同位体分析を行い、判別モデルを用いて天然加入個体と放流個体の識別を行なった。既往研究のデータと合わせ、青森県から鹿児島県に至る17府県21水系について、放流個体/天然遡上個体の割合を明らかにした(876個体)。放流個体の割合は0.0%から100.0%と幅広く、全体では41.4%を占めた。この結果をもとに、天然個体の割合が高い水域において漁獲データを収集し、より正確な個体群動態の把握を試みたところ、それらの水域における天然のニホンウナギの減少が確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

環境省は2013年にニホンウナギを絶滅危惧IB類に区分した。この時の評価に用いられた主なデータは、日本の内水面ウナギ漁獲量である。しかしながら放流個体が再生産に参加する確証はないため、ニホンウナギの個体群動態を正確に理解するにあたり、放流個体の存在は一種のコンタミとなっている。本研究により、水系ごとに大きな違いはあるものの、日本の内水面漁場に生息するニホンウナギのうち、放流ウナギがかなりの割合を占めることが確認された。本研究で試行したように、今後は天然遡上個体が優占する水域でデータを得ることにより、より正確にニホンウナギの個体群動態を把握できるようになる。

研究成果の概要(英文)：Carbon and oxygen otolith stable isotope ratios were measured for Japanese eels that were captured in Japanese rivers. Those eels were classified into naturally-recruited/farmed-and-stocked individuals based on a discrimination model we developed. Along with the previously reported data, we obtained ratios of naturally-recruited/farmed-and-stocked individuals for 21 water systems in 17 prefectures (876 individuals). Ratio of farmed-and-stocked individual were from 41.4% in total with a range from 0.0 to 100.0%. Farmed-and-stocked individuals were dominant in Japan Sea coast where few glass eels recruit. The ratio of farmed-and-stocked individuals tended to be greater in waters that have dams in their lower reaches, even though the water systems are flowing into the Pacific Ocean or the Seto Inland Sea.

研究分野：保全生態学

キーワード：ニホンウナギ 放流 耳石 安定同位体比

1. 研究開始当初の背景

ニホンウナギは我が国における代表的な食材の一つであり、過去30年間、4万から10万トンのウナギが毎年消費され続けている。しかしながら、天然ウナギの漁獲量は年々減少し、2013年には環境省、2014年には国際自然保護連合 (IUCN) により、絶滅危惧種に区分された。ニホンウナギの絶滅を防ぎ、保全と持続的利用を実現するため、具体的な活動を開始することが急務である。

ある動物種の資源の持続的利用を実現するためには、対象種の資源動態に関する正確な情報が欠かせない。ニホンウナギの場合、産卵を含む海洋生活期の研究には多大な労力が割かれ、多くの成果が得られている。しかしその一方で、本種の資源動態に関する知見は限られている。2015年より日中台韓で養殖に用いるシラスウナギの量 (池入れ量) を制限することが合意されたが、制限量の78.8トン、実際の池入れ量は2015年が38.1トン、2016年が37.7トンと、制限量の半分程度にとどまっている。資源動態の把握が進んでいないため、科学的知見に基づいた池入れ量の上限を設定することが難しく、政治的な合意に基づき過剰な制限量が設定された結果と考えられる。

本種の資源動態の研究を困難にしている要因の一つが、内水面漁業協同組合などが行っているウナギの放流である。ニホンウナギ資源の維持と回復を目的として、過去数十年間にわたり、ウナギを漁業対象種としているほとんど全ての内水面漁協が放流を行ってきた。放流されるウナギは養鰻場で一定期間飼育されており、河川のウナギの資源量・密度・年齢構成・成長速度・性比などに大きな影響を与えていると考えられる。このため、本種天然加入個体の生活史及び漁獲量に関する情報を整理し、それらに基づいて資源動態を把握することは、現在のところ不可能に近い。ニホンウナギの真の資源動態を理解し、科学的知見に基づいた消費量上限の設定を含めた、持続的利用のための方策を考案するためには、天然加入個体と放流個体の分布状況を明らかにすることが必須である。

申請者らは、平成25・26年に科研費を用いて行った研究「経験水温の相違を利用した、ニホンウナギの天然加入個体と放流個体の識別法の開発」(若手B 課題番号25830149)により、耳石安定同位体比を利用して、ニホンウナギの天然加入個体と放流個体を識別する手法を開発した。この手法を用いることにより、あらかじめ標識されていない天然加入個体と放流個体とを識別することが、世界で初めて可能になった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、耳石安定同位体比を利用して、ニホンウナギの天然加入個体・放流個体の国内分布を解明することにある。

3. 研究の方法

国内の河川からニホンウナギを収集し、耳石酸素・炭素安定同位体比を利用して天然加入個体と放流個体とを識別した。ニホンウナギから取り出した耳石試料を、鉸物薄片標本作成装置を用いて、長軸方向で耳石核が表面に露出するまで研磨した。作成した耳石薄片より安定同位体比分析のための粉末試料を、マイクロドリルによって顕微鏡下で掘削した。耳石の掘削範囲は、放流個体の養殖場生活期部分に相当するように、耳石の核から150 μ mから650 μ mの範囲内とした。得られた耳石粉末は、大気海洋研究所に設置された安定同位体質量分析装置により行った。天然加入個体と放流個体の判別には、Kaifu et al. (2018)で報告されている酸素・炭素安定同位体比を説明変数とする線形判別モデルに教師データを加え、ランダム・フォレストモデルを適用した、Itakura et al. (2018)の判別モデルを利用した。

収集した生物試料の一部には、胴体を食用として消費したのちの、頭部のみのもものが一定数存在した。ニホンウナギは経済的価値が高いため、漁業者によっては個体全体の買取が難しく、頭部のみ入手可能な場合があるためである。頭部から得た耳石から全長を推測する予測モデルが必要とされたため、日本と台湾から入手した2752個体 (天然2427個体、養殖325個体) の耳石、合計4071個 (右1819個、左2252個) を使用して、耳石径と全長の関係を整理した。

4 . 研究成果

天然遡上 / 放流個体の識別

複数の水系より生物試料または耳石安定同位体比を入手し、同位体分析を行い、2018 年度に改良された判別モデルを用いて天然加入個体・放流個体の識別を進めた (Kaifu et al. 2018a; Itakura et al. 2018)。2020 年度以降は新型コロナウイルス感染拡大防止の観点より、予定していた試料採集が行えなかったが、過去に収集した試料及び既往研究からデータを収集し、青森県から鹿児島県に至る 17 府県 21 水系における、ニホンウナギの放流個体 / 天然遡上個体の判別データを手にした。採捕個体数に占める放流個体の割合は 0.0% から 100.0% と幅広く、平均値は 41.4% であった。放流個体の割合は、水系と黒潮との距離、及び採集水域の下流側の河川横断工作物の存在と相関していると推測された。これらの結果を受け、放流個体の少ない沿岸域においてウナギ漁獲データを収集し、ニホンウナギの天然遡上個体が減少していることを明らかにした (Kaifu et al. 2018b; Kaifu & Yokouchi 2019)。

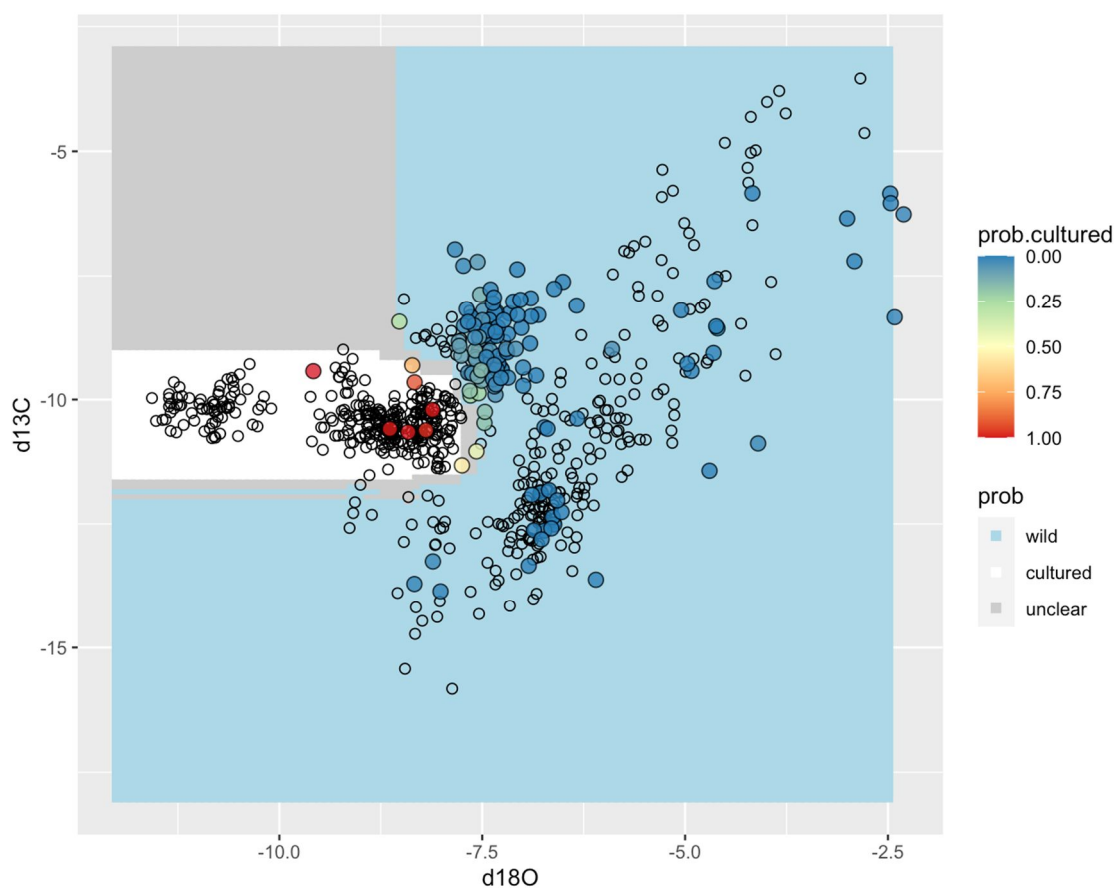


図 1 : ニホンウナギの耳石安定同位体比の例 (高知県四万十川)

は教師データ。分析した 134 個体のうち 126 個体が天然遡上個体 (wild) と判別された。河川横断工作物の少ない四万十川では、放流個体の割合は 6.0% (8 個体) と低かった。

天然遡上個体の個体群動態

ニホンウナギの天然遡上個体群の動態を把握するため、複数の水域から漁獲データを収集し、標準化 CPUE を分析した。その結果、岡山県を含む多くの水域でニホンウナギの天然遡上個体群が減少していることが確認された (Kaifu et al. 2018b; Kaifu & Yokouchi 2019)。

耳石から全長を推測する予測モデル

左右の耳石が揃っている 1354 個体（天然 1294 個体、養殖 60 個体）について、右と左の耳石径を比較した結果、短径に有意差が検出されたが、ANCOVA による解析の結果、長径、短径と全長の関係に耳石の左右差は有意な影響を与えていなかった。このことから、耳石径から全長を推測するにあたり、耳石の左右については考慮が不要であると判断した。天然個体のみ 2427 個体を用い、線形回帰と非線形回帰でそれぞれ説明変数に長径、短径、長径 + 短径を用いて、one-leave-out クロスバリデーションを行った。非線形回帰で説明変数に長径 + 短径を使ったモデルが最も当てはまりが良いことが判明し、耳石径よりニホンウナギの全長を推測する適切なモデルが得られた。教師データに用いたデータ量が十分であることを確認するため、線形回帰モデルと GAM について、説明変数が長径、短径、長径 + 短径のそれぞれの場合について、学習曲線を描いた。どのモデルでも 500 サンプルでおおよそ収束し、1,500 サンプルで安定した。天然個体の予測モデルには 2,427 個体を使用していることから、得られた予測モデルの教師データの量は十分であったと考えられる。

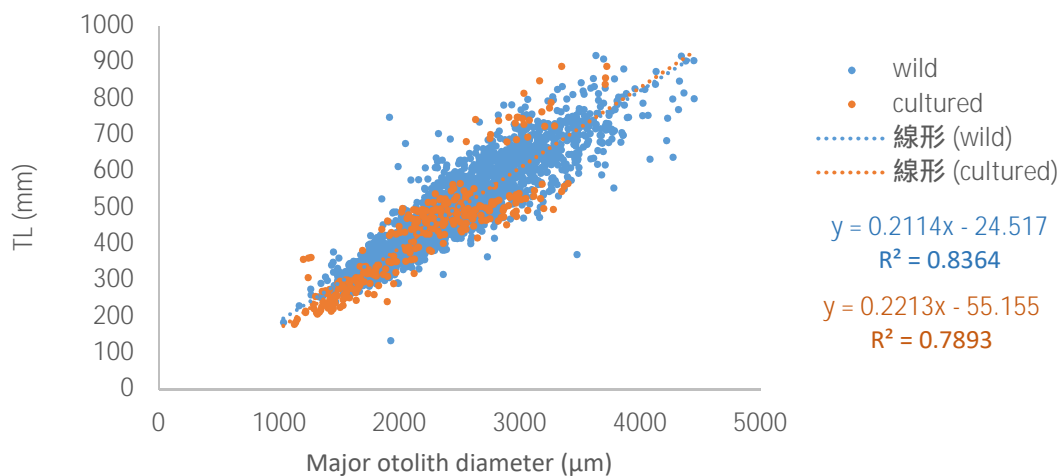


図 2：ニホンウナギの耳石長径と全長の関係

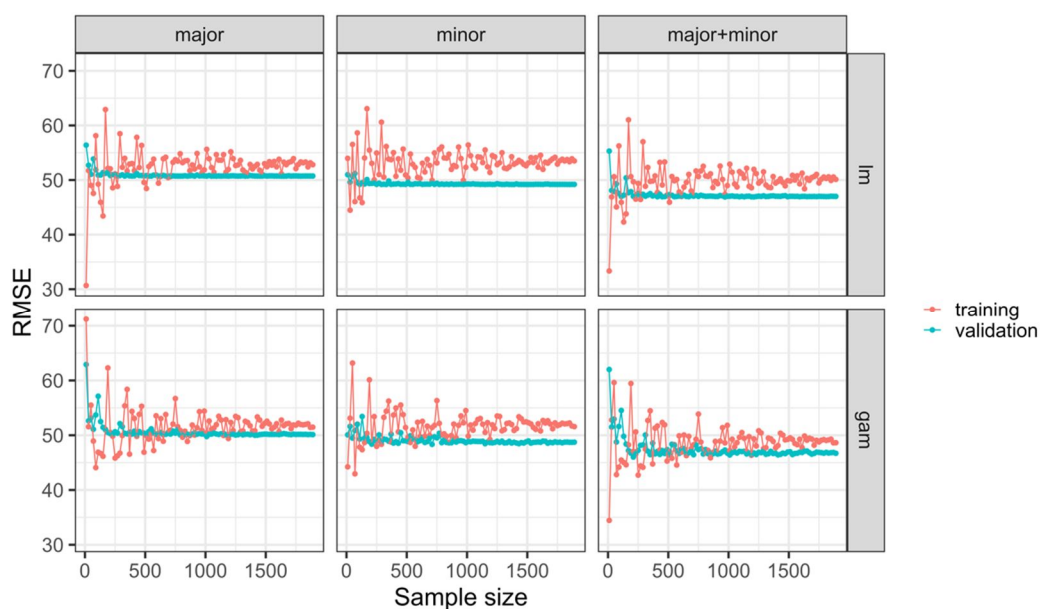


図 3：全長～耳石径のモデルの学習曲線

上は線形、下は GAM の結果。説明変数は左から長径のみ、短径のみ、長径と短径。

引用文献

Itakura H, Arai K, Kaifu K, Shirai K, Yoneta A, Miyake Y, Secor DH, Kimura S (2018) Distribution of wild and stocked Japanese eels in the Tone River watershed revealed by otolith stable isotopic ratios. *Journal of Fish Biology*, 93, 805-813

Kaifu K, Itakura H, Amano Y, Shirai K, Yokouchi K, Wakiya R, Murakami-Sugihara N, Washitani I, Yada T (2018a) Discrimination of wild and cultured Japanese eels based on otolith stable isotope ratios. *ICES Journal of Marine Science* 75, 719-726

Kaifu K, Yokouchi K (2019) Increasing or decreasing? - current status of the Japanese eel stock. *Fisheries Research*, 220,

Kaifu K, Yokouchi K, Higuchi T, Itakura H, Shirai K (2018b) Depletion of naturally recruited wild Japanese eels in Okayama, Japan, revealed by otolith stable isotope ratios and abundance indices. *Fisheries Science*, 84, 757-763

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kaifu Kenzo, Yokouchi Kazuki	4. 巻 220
2. 論文標題 Increasing or decreasing? - Current status of the Japanese eel stock	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Fisheries Research	6. 最初と最後の頁 105348 ~ 105348
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fishres.2019.105348	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kaifu Kenzo, Yokouchi Kazuki, Higuchi Tomihiko, Itakura Hikaru, Shirai Kotaro	4. 巻 84
2. 論文標題 Depletion of naturally recruited wild Japanese eels in Okayama, Japan, revealed by otolith stable isotope ratios and abundance indices	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Fisheries Science	6. 最初と最後の頁 757 ~ 763
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12562-018-1225-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Itakura Hikaru, Arai Kohma, Kaifu Kenzo, Shirai Kotaro, Yoneta Akihito, Miyake Yoichi, Secor David H., Kimura Shingo	4. 巻 93
2. 論文標題 Distribution of wild and stocked Japanese eels in the lower reaches of the Tone River catchment revealed by otolith stable-isotope ratios	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Fish Biology	6. 最初と最後の頁 805 ~ 813
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jfb.13782	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Kaifu Kenzo	4. 巻 102
2. 論文標題 Challenges in assessments of Japanese eel stock	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Marine Policy	6. 最初と最後の頁 1 ~ 4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.marpol.2019.02.005	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 YONETA AKIHITO、ITAKURA HIKARU、ARAI KOHMA、KAIFU KENZO、YOSHINAGA TATSUKI、MIYAKE YOICHI、SHIRAI KOTARO、KIMURA SHINGO	4. 巻 85
2. 論文標題 Distribution of naturally recruited wild Japanese eels in Japan revealed by otolith stable isotopic ratios and document investigation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 NIPPON SUISAN GAKKAISHI	6. 最初と最後の頁 150 ~ 161
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2331/suisan.18-00038	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Kenzo Kaifu
2. 発表標題 Current status of Japanese eel stock.
3. 学会等名 The 3rd ISTEGA (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	白井 厚太郎 (Shirai Kotaro) (70463908)	東京大学・大気海洋研究所・准教授 (12601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------