

令和 5 年 5 月 14 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H01412

研究課題名(和文) 環境DNAを用いた全国の河川におけるニホンウナギの分布・生息量推定

研究課題名(英文) Estimate of the distribution and abundance of Japanese eel in rivers across Japan using environmental DNA

研究代表者

笠井 亮秀 (Kasai, Akihide)

北海道大学・水産科学研究院・教授

研究者番号：80263127

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 31,100,000円

研究成果の概要(和文)：全国265河川で環境DNA調査を行い、ニホンウナギの分布を調べた。その結果、ウナギは関東以西の本州太平洋側や瀬戸内海、そして九州西岸の河川で多く生息していることがわかった。一方日本海側では、能登半島以西には生息しているものの、北陸東北地方や北海道にはほとんど生息していない。ウナギ仔魚の輸送をシミュレーションによって調べたところ、仔魚が到達する場所と高DNAの場所が一致した。このことから、海洋でのウナギ仔魚の輸送状況が河川のウナギの分布を決める主要因になっていると考えられる。また高DNA河川は全窒素濃度も高い傾向にあった。これは高栄養環境にある河川ほどウナギの生残や成長が良いことを示唆している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ウナギは、蒲焼などのご馳走としてとても馴染み深い魚である。しかし現在では、その漁獲量は激減しており、環境省やIUCNによって、絶滅危惧種に指定されている。ウナギのような貴重な生物を、捕獲したり傷つけたりすることなく、広範囲にわたる分布を詳細に明らかにできる環境DNA解析は、ほかの生物の調査にも広く適用可能である。

本研究の成果は、今後ウナギを保護したり増やしたりするためには、どこで漁獲するのがよいのか、またどこで放流すればよいのか等の資源管理に繋がると期待される。また堰の設置や河川改修を行う際に、生態系にフレンドリーな方法をとる際の参考になることも期待される。

研究成果の概要(英文)：An environmental DNA survey was conducted in 265 rivers throughout Japan to determine the distribution of Japanese eel. The results showed that eels are abundant in rivers on the Pacific side of Honshu west of the Kanto region, in the Seto Inland Sea and on the west coast of Kyushu. On the Sea of Japan side, however, eels inhabit the Noto Peninsula and westwards, but are rarely found in the Hokuriku, Tohoku and Hokkaido. Simulations of the transport of eel larvae showed that the location of high environmental DNA coincided with the location of the larval arrival. This suggests that the transport of eel larvae in the ocean is the main factor determining the distribution of eels in rivers. High environmental DNA rivers tend to have higher total nitrogen concentrations. This suggests that eel survival and growth are better in rivers with a high nutrient environment.

研究分野：海洋環境学

キーワード：ニホンウナギ 河川環境 卵稚仔輸送 環境DNA 分布

1. 研究開始当初の背景

ウナギは日本人にとって、大変なじみの深い生き物である。精のつく食べ物として昔から食用にされており、古くは縄文時代の遺跡からもウナギの骨が出土している。しかしながら近年その資源量の減少は著しく、1960年代には3,000トン前後であった我が国における漁獲量は、2013年には150トンにまで減少した。ウナギは太平洋の西マリアナ海嶺付近で産卵し、そのレプトセファルスは北赤道海流から黒潮に乗って我が国を含む東アジアの沿岸域に到達すると考えられている。その後シラスウナギは河川を遡上し、河川内で成魚にまで成長する。産卵回遊するウナギの大半は河川で5年～10年という長期にわたって生活することから、河川に生息するウナギのバイオマスは、沿岸域に來遊するシラスウナギの資源水準に直接影響を与える。すなわち、日本を含めた東アジアのウナギのバイオマスを再生させるためには、河川における天然ウナギを保護し、その資源量を復活させることが必要不可欠である。

しかしながら我が国の河川におけるウナギのバイオマスは、全く分かっていない。それどころか、正確な分布域さえ明らかになっていない。これは、天然水域で広域にわたりウナギを定量的に捕獲することが困難なためである。このような状態で今後もウナギ漁を継続していけば、近い将来ウナギ資源は絶滅してしまう恐れがある。実際、ウナギは2013年に環境省のレッドリストで絶滅危惧種に指定されたのに続き、国際自然保護連合(IUCN)からも2014年に「絶滅危惧1B類」に指定され、国内外でその保全と漁業資源としての利用の両立が求められている。現在のウナギの消費を支えるシラスウナギはその約6割を輸入に頼っているが、野生生物の国際取引を規制するワシントン条約がIUCNの決定を保護対策の参考にしているため、資源量が回復しなければ、今後は輸出入も規制され、ウナギが日本の食卓から姿を消す可能性が大きい。

このような近年の情勢のなか申請者らは、ある水域の水を採取し、水中に含まれる有機物のDNAを分析することにより、その水域を対象とする生物が生息しているか否かを判別する手法を開発した(図1)。この手法は環境DNAと呼ばれている。この方法はサンプリングが比較的簡便なうえ、対象生物を直接採集することはないため、生物資源の保護にもつながる。これを全国の河川に適用することで、ウナギの分布域を正確に把握することができる。これは今後、ウナギの資源管理を進め、その保護と水産資源としての利用を両立させるうえで、非常に重要な情報となる。

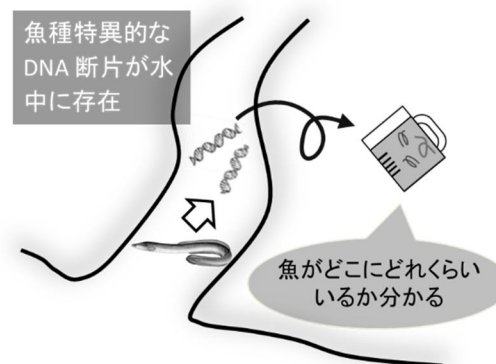


図1. 環境DNAによる生息生物の特定

2. 研究の目的

(1) 全国の河川におけるウナギの分布 - 特に生息域の北限および日本海側と東北地方の分布 -
ウナギ稚魚は南方より黒潮に乗って日本沿岸に運ばれるため、西日本の太平洋側の河川には加入しやすい。一方、日本海側や東北地方太平洋岸の河川には加入しにくいと考えられる。また北海道のような寒冷地は低水温のためウナギの生息地としては不適であろう。これまでのウナギの漁獲や採捕の情報も、概ねこの予想と一致している。しかしながら多数のウナギ稚魚が日本各地で放流されてきたことも相まって、詳細なウナギの分布、特にその北限については明らかになっていない。そこで全国各地の河川下流域において採水を行い、環境DNAを用いて全国の河川におけるウナギの分布を明らかにすることを第一の目的とする。

(2) 天然ウナギの生息に最適な環境の特定および保護政策の提言

河川下流域～河口域は、人口が密集している地域であり、産業も発達していることが多いため、護岸改修など人間活動の影響を強く受けている。これは治水や利水の観点からみると必要なことであるが、生物には生息可能範囲の減少や餌料環境の悪化などの悪影響を及ぼす。そこで、河川の構造や環境、そして生物群集等を分析し、環境DNAに基づくウナギの分布やバイオマスと比較することで、ウナギの生産を支える生態系構造、ウナギの生息、成長、成熟に好適な河川環境条件の抽出を行い、ウナギ資源の保護と再生に向けた具体的な方策を提言する。

3. 研究の方法

(1) ウナギの種特異的プライマー作成

日本の陸水域には、ウナギ属としてニホンウナギの他にオオウナギなどの在来他種と、種苗由来の外來種数種が生息している可能性がある。現在のところ、これらの外來種まで含めて種特異性を担保したニホンウナギの環境 DNA 検出プライマーは発表されていない。そこでまず、これらの同属他種を誤って検出することのないよう、ニホンウナギと同属他種の DNA 塩基配列をデータベースから収集し、ニホンウナギにしか見られない特徴的な塩基配列の領域を狙ったプライマーを設計した。プライマーを合成したのち、国内の河川に生息している可能性のあるウナギ属全種の肉片から採取した DNA 試料をもとに PCR を行って、確実にニホンウナギの DNA しか増幅しないことを確認した。

(2) 飼育実験

日本ウナギの環境 DNA の分解速度が水温によって変化するかどうかを検証する実験を行った。20L のガラス水槽を 5 つ用意し、各 20L のガラス水槽に 3 匹のニホンウナギを入れ、実験開始前の 3~7 日間、一定の温度で飼育した。各水槽の温度は、チラーやヒーターとエアレーションにより、10°C、15°C、20°C、25°C、30°C の 5 つの温度レベルに保った。

各水槽の飼育水 2 リットルを 4 本のポリエチレンボトルに移し替えた。このボトル水は、飼育温度と同じ温度のもとで 6 日間暗所にて保管した。

分解実験の開始時 (Day 0)、および 6 日間 (Day 1~6) 毎日、各ボトルから 60 mL の水試料を採取した。すべての水サンプルを直径 47mm のガラス製マイクロファイバーフィルター GF/F で濾過した。その後、各フィルターから DNA 抽出し、リアルタイム qPCR により、DNA 濃度を分析した。

(3) 河川水の採水と環境 DNA 分析

北海道から沖縄に至る全国の 265 河川、365 地点で環境 DNA 調査を行った。下流にダムや堰がある河川では、ダムや堰の上側と下側の両方から水を採取した。採水サンプルは、現場でフィルターカートリッジを用いて濾過した。また水温と塩分を測定し、サンプリングポイント周辺では、堰の有無、底質、植生、護岸など環境に関する情報を調査した。

河川水をろ過したフィルターは研究室に持ち帰り、フィルター上に捕集されている DNA を抽出した。そして、定量 PCR 解析によって、ニホンウナギの環境 DNA の濃度を分析した。

河川環境と環境 DNA 濃度との関係を調べるために、環境省の「公共用水域水質調査」データセットを使用した。溶存酸素 (DO)、化学的酸素要求量 (COD)、浮遊物質 (SS)、全窒素 (TN)、最小 pH、最大 pH について、2016 年の年平均データを収集した。流域メッシュデータ (Ver.2.1) は、国土交通省の国土数値情報データベースから収集した。サンプリング地点の河口からの距離とサンプリング地点の川幅は、Google Earth Pro を用いて測定した。

(4) 数値実験

近年、気象庁は日本を含む東アジアの沿岸海域 (東経 117 度 ~ 160 度、北緯 20 度 ~ 50 度) をカバーする海洋モデル (JPN モデル) を開発した。このモデルは、水温、塩分、海水面の分布や季節変動をよく再現できる。本研究では、ニホンウナギの加入成功を調べるため、JPN モデルで再現された日平均流を用いて仔魚輸送のシミュレーションを行った。

日本近海に輸送される仔魚はすべて黒潮に由来するため、初期条件として、仔魚を模した粒子 80000 個を台湾東部から流した。粒子は表層から水深 100m まで日周鉛直移動するように設定した。過去の採捕状況に基づき、シミュレーションは 12 月 1 日から 4 月 30 日まで実施した。着岸成功率は、岸辺に到達した粒子の累積数で評価した。粒子は、岸から 2km 以内のグリッドに存在する場合に岸に到達したとみなした。2008 年から 2017 年までの流速場を用いて、9 回シミュレーションを繰り返した。

4. 研究成果

(1) ウナギの種特異的プライマー作成

ニホンウナギの D-ループ領域の配列を GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/> "Accessed 25 Oct 2019") および RefSeq (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/refseq/> "Accessed 25 Oct 2019") から収集し、種特異的な部位を検索した。そして、フォワードプライマーである Aja-Dlp-F2: 5'-TACATTTAATGGAAAACAAGCATAAGCC-3' とリバースプライマーである Aja-Dlp-R3: 5'-

CGTTAACATTACTCTGTCAACTTACCTG-3' をペアとしてデザインした。またフォワードプライマーとリバースプライマーの間の増幅領域に対して、TaqMan™ プローブを設計した。

今回開発したプライマーについて BLAST in silico テストを行ったところ、ニホンウナギに対する厳密な特異性と、種内遺伝変異に対する高いカバー力があることが示唆された。さらに、対象種と他の非対象種であるウナギ属 4 種の DNA サンプルを用いた in vitro リアルタイム PCR 特異性試験により、非対象種での非特異的増幅がなく、ニホンウナギの種特異的増幅を確認された。

(2) 飼育実験

すべての水温帯においてウナギ環境 DNA 濃度は急速に減少し、指数関数的減衰モデル

$$C = C_0 e^{-kt}$$

が適用できることが確認された(図 2)。最初の 2 日間で環境 DNA 濃度が半分まで減衰した。30°C 処理で最も分解が進み、6 日目にはウナギの環境 DNA が検出レベル以下となった。分解速度は温度(T)と正の相関があり、 $k = 0.02T + 0.18$ となった。

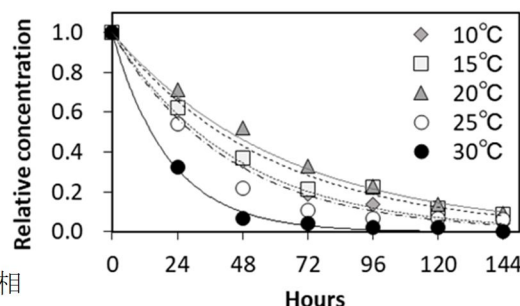


図 2 ニホンウナギから放流された後の環境 DNA 濃度の経時的な変化。

(3) 河川水の採水と環境 DNA 分析

ニホンウナギの環境 DNA が検出されたのは 181 地点で、全地点の 49.6% を占めた。南西諸島と日本海西部では、濃度は高くないものの、一部の地点でウナギの環境 DNA が検出された(図 3)。九州西岸、本州太平洋岸、瀬戸内海では、検出された地点の比率が 80% 以上であり、濃度も高かった。しかし、河川によっては検出されないなどばらつきが大きかった。東北太平洋岸の南部では高濃度であったが、北部ではあまり検出されなかった。日本海北部と北海道では、ウナギの環境 DNA はほとんど検出されなかった。このように環境 DNA の濃度は、地域間で有意に異なっていることがわかった($p < 0.001$)。

ウナギに最も適した河川環境を明らかにするため、検出された環境 DNA 濃度を環境因子を説明変数としてモデル化した。環境 DNA 濃度の検討に用いた GLM のうち、 $\Delta AIC < 2$ の 7 つのモデルが選択された。これらのモデルでは、4 つの説明変数(河口からの距離、TN、DO、最低 pH)が選択された。環境 DNA 濃度と河口からの距離との間には負の相関があり、TN、DO、最低 pH との間には正の相関があった。また、TN 濃度のみが環境 DNA 濃度と有意な相関があった。

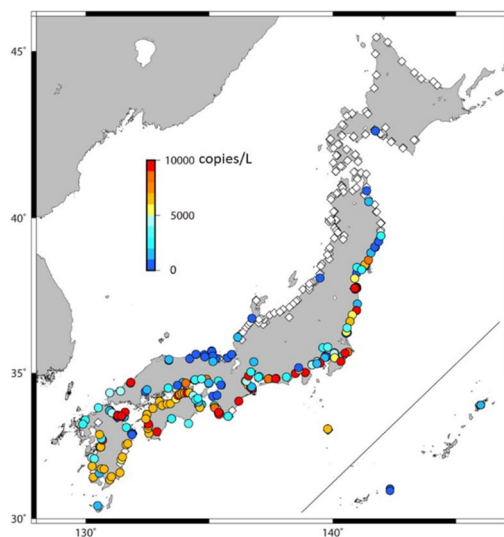


図 3 河川下流域におけるニホンウナギの環境 DNA 濃度。

(4) 数値実験

南西諸島、本州太平洋岸、九州西岸、日本海西部では毎年多くの粒子が沿岸部に到達したが、瀬戸内海では低かった。東北太平洋岸に粒子が到達したのは、半分のケースであった。その場合でも、南部にしか到達せず、北部には到達しなかった。さらに、粒子は能登半島を越えて輸送されることはほとんどなく、北海道に到達することはなかった。2011 年から 2012 年にかけては能登半島東部に、2015 年から 2016 年にかけては北海道の南端に、それぞれ数個の粒子が到達したのみである。このように、仔魚輸送のシミュレーション結果は、環境 DNA の結果と概ねよく一致した。

ある地域に到達した粒子の数と環境 DNA が検出されたかどうかを比較した。環境 DNA の検出を従属変数、エリアに到達した粒子の平均数を説明変数とする二項分布を用いて GLM 分析を行ったところ、到達粒子数が多い河川で優位に環境 DNA が検出された($p < 0.01$)。

環境 DNA 調査の結果と数値シミュレーションの結果がよく一致したことから、海洋での仔魚の輸送状況が日本国内の河川におけるウナギの分布を決める主要因になっていると考えられる。一方ウナギは、北海道を除く全国の様々な地域で放流されている。そこで都府県別のウナギの放流量と環境 DNA 濃度を比較したところ、両者はまったく一致しなかった。これらのことから、日本の河川に生息しているウナギの多くは天然のウナギであり、その分布は仔魚期の海洋での輸送状況によって決まると考えられる。また、ウナギの環境 DNA 濃度が高かった河川は全窒素濃度も高い傾向にあった。これは高栄養環境にある河川ほどウナギの生残や成長が良いことを示唆している。全窒素濃度は富栄養化の指標とされ、水質の良し悪しの判断に用いられている。高度経済成長期に日本の水環境が著しく悪化したことに基づき、かつては全窒素濃度が高いといわゆる汚れた川と判断されていた。しかし近年の下水処理技術の発達や、様々な面から水環境に対する配慮が行われてきたおかげで、日本の河川は目を見張るほどきれいになった。そのため本研究で得られた全窒素濃度が高い河川というのは、一昔前のように汚れた河川ではなく、むしろ生産性が高く豊かな河川ととらえた方がよい。つまり本研究で、全窒素濃度とウナギの環境 DNA 濃度の間に正の相関が得られたことは、豊かな河川にウナギが多く生息していることを反映していると考えられる。

ウナギのような貴重な生物を、捕獲したり傷つけたりすることなく、広範囲にわたる分布を詳細に明らかにできる環境 DNA 解析は、ほかの生物の調査にも広く適用可能である。絶滅危惧種だけでなく、例えば外来種がどの程度生息域を広げているか、といったことも調べられる。

本研究の成果は、今後ウナギを保護したり増やしたりするためには、どこで漁獲するのがよいのか、またどこで放流すればよいのか等の資源管理に繋がると期待される。また堰の設置や河川改修を行う際に、生態系にフレンドリーな方法をとる際の参考になることも期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計22件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Kasai A, Takada S, Yamazaki A, Masuda R and Yamanaka H	4. 巻 -
2. 論文標題 The effect of temperature on environmental DNA degradation of Japanese eel	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Fisheries Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12562-020-01409-1	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 笠井亮秀	4. 巻 8(2)
2. 論文標題 環境DNAを用いた生物多様性の評価と水産資源推定の可能性	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 JATAFFジャーナル	6. 最初と最後の頁 34-39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 亀山哲	4. 巻 71
2. 論文標題 ウナギを育む豊かな森里川海と人の暮らしの絆	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 国環研ニュース生物の科学遺伝	6. 最初と最後の頁 594-594
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 木村伸吾	4. 巻 88
2. 論文標題 ウナギとマグロとイワシ：黒潮が作りだす環境	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 科学	6. 最初と最後の頁 572-576
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Karaki Tatsuro, Sakamoto Kei, Yamanaka Goro, Kimura Shingo, Kasai Akihide	4. 巻 -
2. 論文標題 Inshore migration of Japanese eel <i>Anguilla japonica</i> encouraged by active horizontal swimming during the glass eel stage	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Fisheries Oceanography	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/fog.12637	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 Takahashi Sayaka, Takada Shingo, Yamanaka Hiroki, Masuda Reiji, Kasai Akihide	4. 巻 16
2. 論文標題 Intraspecific genetic variability and diurnal activity affect environmental DNA detection in Japanese eel	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0255576	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kasai Akihide, Yamazaki Aya, Ahn Hyojin, Yamanaka Hiroki, Kameyama Satoshi, Masuda Reiji, Azuma Nobuyuki, Kimura Shingo, Karaki Tatsuro, Kurokawa Yuko, Yamashita Yoh	4. 巻 9
2. 論文標題 Distribution of Japanese Eel <i>Anguilla japonica</i> Revealed by Environmental DNA	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fevo.2021.621461	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 笠井亮秀	4. 巻 82
2. 論文標題 ウナギはどこにいる? ~環境DNA解析で生物を採らずに分布を調べる~	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 EbuCheb	6. 最初と最後の頁 2-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 笠井亮秀	4. 巻 17
2. 論文標題 二ホンウナギの分布域を環境DNA解析で推定	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 東アジア鰻学会ニュースレター	6. 最初と最後の頁 1-2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 笠井亮秀	4. 巻 48
2. 論文標題 ウナギはどこにいる? ~環境DNA解析で生物を採らずに分布を調べる~	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 環境と測定技術	6. 最初と最後の頁 11-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 唐木達郎・坂本 圭・山中吾郎・木村伸吾・笠井亮秀	4. 巻 86
2. 論文標題 二ホンウナギの仔魚輸送シミュレーション シラスは泳いで川を目指す!?	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 水産海洋研究	6. 最初と最後の頁 78-79
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 笠井亮秀	4. 巻 -
2. 論文標題 きめ細かな海流・海水温データの水産分野への活用	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 気象業務はいま2021	6. 最初と最後の頁 47-47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 亀山 哲	4. 巻 75
2. 論文標題 ウナギ類の生息地ポテンシャルの時空間変化～瀬戸内海流入流域圏における森里川海の絆の再生～, , No.75,	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 瀬戸内海	6. 最初と最後の頁 54-56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Ye Feng, Kameyama Satoshi	4. 巻 242
2. 論文標題 Long-term spatiotemporal changes of 15 water-quality parameters in Japan: An exploratory analysis of countrywide data during 1982?2016	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemosphere	6. 最初と最後の頁 125245-125245
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chemosphere.2019.125245	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 Ahn Hyojin, Kume Manabu, Terashima Yuki, Ye Feng, Kameyama Satoshi, Miya Masaki, Yamashita Yoh, Kasai Akihide	4. 巻 15
2. 論文標題 Evaluation of fish biodiversity in estuaries using environmental DNA metabarcoding	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0231127	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kume Manabu, Lavergne Edouard, Ahn Hyojin, Terashima Yuki, Kadowaki Kohmei, Ye Feng, Kameyama Satoshi, Kai Yoshiaki, Henmi Yumi, Yamashita Yoh, Kasai Akihide	4. 巻 121
2. 論文標題 Factors structuring estuarine and coastal fish communities across Japan using environmental DNA metabarcoding	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ecological Indicators	6. 最初と最後の頁 107216-107216
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecolind.2020.107216	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 Ye Feng, Kameyama Satoshi	4. 巻 281
2. 論文標題 Long-term nationwide spatiotemporal changes of freshwater temperature in Japan during 1982?2016	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Management	6. 最初と最後の頁 111866 ~ 111866
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jenvman.2020.111866	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 Lavergne Edouard, Kume Manabu, Ahn Hyojin, Henmi Yumi, Terashima Yuki, Ye Feng, Kameyama Satoshi, Kai Yoshiaki, Kadowaki Kohmei, Kobayashi Shiho, Yamashita Yoh, Kasai Akihide	4. 巻 36
2. 論文標題 Effects of forest cover on richness of threatened fish species in Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Conservation Biology	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/cobi.13849	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 Jo Toshiaki, Arimoto Mio, Murakami Hiroaki, Masuda Reiji, Minamoto Toshifumi	4. 巻 2
2. 論文標題 Estimating shedding and decay rates of environmental nuclear DNA with relation to water temperature and biomass	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Environmental DNA	6. 最初と最後の頁 140-151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/edn3.51	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 Nakamura Masahiro, Watanabe Soichi, Kaneko Toyoji, Masuda Reiji, Tsukamoto Katsumi, Otake Tsuguo	4. 巻 103
2. 論文標題 Limited adaptation to non-natal osmotic environments at high water temperature in euryhaline wanderer fishes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Environmental Biology of Fishes	6. 最初と最後の頁 137-145
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10641-019-00940-0	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 Takahashi Sayaka, Sakata Masayuki K., Minamoto Toshifumi, Masuda Reiji	4. 巻 15
2. 論文標題 Comparing the efficiency of open and enclosed filtration systems in environmental DNA quantification for fish and jellyfish	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0231718	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 村上弘章・益田玲爾	4. 巻 33
2. 論文標題 海洋における環境DNA研究の現状と今後の展望	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 沿岸域学会誌	6. 最初と最後の頁 44-56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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47件 (うち招待講演 10件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 笠井亮秀
2. 発表標題 環境DNA分析から見たニホンウナギの分布
3. 学会等名 うな井の未来シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笠井亮秀
2. 発表標題 環境DNA分析によるニホンウナギの分布推定
3. 学会等名 環境DNA学会第2回神戸大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 定行洋亮・笠井亮秀・山下 洋・東 信行・山中裕樹・亀山 哲・久米 学・和田敏裕・木村伸吾
2. 発表標題 環境 DNA手法を用いた日本縁辺部におけるニホンウナギの分布可能性の解明
3. 学会等名 2019年度水産海洋学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akihide Kasai
2. 発表標題 Environmental DNA metabarcoding as a tool of Biodiversity Assessment
3. 学会等名 International Biodiversity Conference 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久米学・山下 洋
2. 発表標題 川ウナギの分布と生息環境：堰の影響と微生物環境に着目して
3. 学会等名 2019年度応用生態工学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yamashita Yoh
2. 発表標題 Understanding of the Complex Relationship in the Connectivity of Hills, Humans and Oceans (CoHHO)
3. 学会等名 International Biodiversity Conference 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村伸吾
2. 発表標題 二ホンウナギの来遊過程に与える地球環境変動の影響
3. 学会等名 2019年度東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会「海洋生態系モデリングシンポジウム」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村栄司・三宅陽一・木村伸吾
2. 発表標題 東北地方沿岸域へのシラスウナギの輸送過程
3. 学会等名 2019年度水産海洋学会研究発表大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村伸吾・上田萌人
2. 発表標題 静岡県小規模河川における二ホンウナギの分布・成長特性
3. 学会等名 うな井の未来7ウナギのいま
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村伸吾
2. 発表標題 河川規模の相違が二ホンウナギの回遊行動に与える影響
3. 学会等名 令和元年度河川基金研究成果発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 亀山哲
2. 発表標題 二ホンウナギの生息適地の推定～森里川海の絆の再生を目指して～
3. 学会等名 森里海を結ぶ柳川UNAGIフォーラム 2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 荒井考磨・板倉光・米田彬史・海部健三・木村伸吾
2. 発表標題 利根川水系における二ホンウナギ天然遡上個体の分布
3. 学会等名 平成30年度東アジア鰻学会第1回研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上田萌人・木村伸吾
2. 発表標題 小規模河川の河川構造の違いによる二ホンウナギの分布と成長
3. 学会等名 2018年度水産海洋学会研究発表大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Alisa Kutzer Alisa Kutzer・小巻拓平・野田 琢嗣・和田敏裕・久米 学・寺島佑樹・堀 友彌・高木淳一・三田村啓理・笠井亮秀・荒井修亮・山下 洋
2. 発表標題 福島県松川浦と流入河における二ホンウナギの摂餌生態
3. 学会等名 平成31年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笠井亮秀・高田真悟・山崎 彩・定行洋亮・木村伸吾・安 孝珍・寺島佑樹・久米 学・益田玲爾・山下 洋・山中裕樹・今藤夏子・亀山哲・東 信行
2. 発表標題 環境DNAを用いた全国河川のニホンウナギ分布調査
3. 学会等名 平成31年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笠井亮秀・定行洋亮・高田真悟・安孝珍・山崎彩・久米学・寺島佑樹・東信行・亀山哲・木村伸吾・山中裕樹・益田玲爾・山下洋
2. 発表標題 環境DNAによるニホンウナギの分布域の推定
3. 学会等名 2018年度水産海洋学会研究発表大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高田真悟・高橋さやか・益田玲爾・笠井亮秀
2. 発表標題 水温と塩分がニホンウナギの環境DNA放出量に及ぼす影響
3. 学会等名 2018年度水産海洋学会研究発表大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 亀山哲・今藤夏子・松崎慎一郎
2. 発表標題 ウナギを育む豊かな森川里海の絆と幸福な人の暮らし（その3）～GIS解析と環境DNA分析の統合を目指して～
3. 学会等名 第14回 GISコミュニティフォーラム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 定行洋亮・山中裕樹・山下 洋・久米 学・山崎 彩・笠井亮秀
2. 発表標題 環境DNA調査によるニホンウナギの淡水域分布特性の解明
3. 学会等名 平成30年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Kameyama, Y. Kawaguchi, M. Inoue, Y. Miyake, N. Kondo and S. Nohara
2. 発表標題 The temporal change of Japanese eel distribution and the habitat monitoring using environmental DNA in Japan
3. 学会等名 The 8th, World Recreational Fishing Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 亀山哲
2. 発表標題 ウナギを育む、豊かな森川里海の絆と幸福な人の暮らし(その2)～GISで分かる事、現地の情報から解る事～
3. 学会等名 第13回 GISコミュニティフォーラム(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 S. Kameyama, Y. Kawaguchi, M. Inoue, Y. Miyake, N. Kondo and S. Nohara
2. 発表標題 The linkages between forests, SATOYAMA, rivers and sea from habitat restoration of Japanese eel
3. 学会等名 平成29年度瀬戸内海研究フォーラム(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 亀山哲
2. 発表標題 ダムや堰堤による移動阻害と魚類の分布～ウナギ生息地の再生から見た森里川海の絆～
3. 学会等名 第1回日本水産学会水産増殖懇話会講演会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊和希, 佐藤博俊, 本郷真理, 本澤大生, 櫻井翔, 山中裕樹
2. 発表標題 環境DNA分析によるニホンウナギの野外検出およびモニタリング
3. 学会等名 2017年度日本魚類学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 笠井亮秀
2. 発表標題 沿岸生態系に果たす河川の役割
3. 学会等名 高知大学研究拠点プロジェクト 革新的な水・バイオマス循環システムの構築 公開シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 笠井亮秀
2. 発表標題 環境 DNA を用いた海洋生物モニタリングの現状と今後の展望
3. 学会等名 平成 29 年度東北ブロック底魚研究連絡会議（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hyojin Ahn, Manabu Kume, Yuki Terashima, Feng Ye, Satoshi Kameyama, Masaki Miya, Yoh Yamashita and Akihide Kasai
2. 発表標題 Evaluation of biodiversity at five estuaries in Japan using environmental DNA metabarcoding method
3. 学会等名 54th European marine biology symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久米学・安孝珍・寺島佑樹・Edouard Lavergne・Feng Ye・亀山哲・遠見由美・甲斐嘉晃・伊勢武史・笠井亮秀・山下洋
2. 発表標題 環境DNAを用いた全国31河川河口域における魚類群集構造の解明
3. 学会等名 2019年度日本魚類学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笠井亮秀・安孝珍・久米学・寺島祐樹・Ye Feng・亀山哲・宮正樹・山下洋
2. 発表標題 環境DNA分析によるエスチュアリーにおける魚類の多様性評価
3. 学会等名 2019年度水産海洋学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hyojin Ahn, Akihide Kasai and Yoh Yamashita
2. 発表標題 Seasonal changes of fish biodiversity in Hakodate Bay, Japan, revealed by eDNA metabarcoding technique
3. 学会等名 The fourth Asian marine biology symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大庭ゆりか・伊勢武史・笠井亮秀・亀山哲・安孝珍・久米学・寺島佑樹・YE Feng・山下洋
2. 発表標題 陸域生態系が河川を通して沿岸生態系に与える影響評価のためのモデル構築
3. 学会等名 第67回日本生態学会名古屋大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hyojin Ahn・Edouard Lavergne・笠井亮秀
2. 発表標題 環境DNAによる森里海連環の解明～函館湾における魚類群集解析～
3. 学会等名 2020年度水産学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Edouard Lavergne・久米学・Hyojin Ahn・遠見由美・寺島佑樹・Feng Ye・亀山哲・甲斐嘉晃・山下洋・笠井亮秀
2. 発表標題 環境DNAによる森里海連環の解明～河口域魚類群集と陸域との関係を探る～
3. 学会等名 2020年度水産学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋さやか・高田真悟・山中裕樹・益田玲爾・笠井亮秀
2. 発表標題 二ホンウナギの環境DNA放出量に与える遺伝子変異と活動日周性の影響
3. 学会等名 環境DNA学会第3回大会・第36回個体群生態学会大会合同大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 笠井亮秀
2. 発表標題 環境DNAを用いた新たな生物多様性評価の試み
3. 学会等名 2020年度水産海洋学会シンポジウム「陸域の人間活動が沿岸域の生態系と漁業資源に与える影響」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 唐木達郎・坂本圭・木村伸吾・笠井亮秀
2. 発表標題 気象庁海洋大循環モデルを用いたニホンウナギの仔魚輸送実験
3. 学会等名 日本海洋学会 2020年度秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 笠井亮秀・山崎彩・安孝珍・山中裕樹・亀山哲・益田玲爾・東信行・木村伸吾・唐木達郎・黒川優子・山下洋
2. 発表標題 環境DNA分析に基づく全国の河川におけるニホンウナギの分布
3. 学会等名 日本水産学会 2020年度春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 笠井亮秀・唐木達郎・坂本圭・木村伸吾
2. 発表標題 仔魚輸送実験による全国の河川におけるニホンウナギの分布域推定
3. 学会等名 東アジア鰻学会第4回研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村上弘章・内藤隆慈・志水正敏・益田玲爾・笠井亮秀
2. 発表標題 環境DNAで読み解く河川と沿岸域の魚類多様性とその生態
3. 学会等名 第68回日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山崎彩・村上弘章・山中裕樹・亀山哲・益田玲爾・山下洋・笠井亮秀
2. 発表標題 河川の生物多様性に与える人間活動の影響
3. 学会等名 瀬戸内海研究フォーラム in 福岡
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 唐木達郎・坂本圭・木村伸吾・笠井亮秀
2. 発表標題 ニホンウナギの仔魚輸送シミュレーション~シラスは泳いで川を目指す!?~
3. 学会等名 第4回海と漁業と生態系に関する研究集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Edouard Lavergne・久米学・Hyojin Ahn・邊見由美・寺島佑樹・Feng Ye・亀山哲・甲斐嘉晃・門脇浩明・小林志保・山下洋・笠井亮秀
2. 発表標題 豊かな森林が河口域の生物多様性保全につながる～環境DNAメタバーコーディングによるアプローチ～
3. 学会等名 令和4年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山崎彩・村上弘章・亀岡大真・山中裕樹・亀山哲・益田玲爾・山下洋・笠井亮秀
2. 発表標題 瀬戸内海における河川の魚類多様性を与える環境要因と人間活動の影響
3. 学会等名 令和4年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 笠井亮秀
2. 発表標題 二ホンウナギの居場所を探す優れもの：環境DNA
3. 学会等名 絶滅危惧種二ホンウナギとともに拓く未来へ（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Lavergne, E., H. Ahn, M. Kume, Terashima, M. Miya, Y. Henmi, Y. Kai, A. Kasai and Y Yamashita
2. 発表標題 Coastal fish community of 31 major river basins around Japan
3. 学会等名 Estuarine Coastal Sciences Association CHEERS Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松田泰知・木村伸吾
2. 発表標題 テレメトリーによる利根川水系小規模河川における二ホンウナギの行動生態調査
3. 学会等名 うな井の未来7 ウナギのいま
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村上弘章・笹野祥愛・益田玲爾・山下洋・笠井亮秀
2. 発表標題 環境DNAメタバーコーディング解析で読み解く京都府由良川の魚類相の季節変化
3. 学会等名 環境DNA学会オンラインワークショップ
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 亀山哲	4. 発行年 2019年
2. 出版社 雄山閣	5. 総ページ数 432
3. 書名 「生命文明の時代」 統計学を用いたニホンウナギの生息適地の推定～森里川海の絆の再生による自然共生社会の実現を目指して～	

1. 著者名 亀山哲	4. 発行年 2023年
2. 出版社 河出書房新社	5. 総ページ数 288
3. 書名 「有明海のウナギは語る」第2章「ニホンウナギの生態」環境DNA分析とウナギの生息地解析	

1. 著者名 笠井亮秀	4. 発行年 2022年
2. 出版社 花乱社	5. 総ページ数 352
3. 書名 いのちの循環「森里海」の現場から 森と海をつなぐ河口域生態系を探る	

1. 著者名 木村伸吾	4. 発行年 2019年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 226
3. 書名 ウナギの科学 輸送メカニズム	

〔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	東 信行 (Azuma Nobuyuki) (40262977)	弘前大学・農学生命科学部・教授 (11101)	
研究分担者	益田 玲爾 (Masuda Reiji) (60324662)	京都大学・フィールド科学教育研究センター・教授 (14301)	
研究分担者	山下 洋 (Yamashita Yoh) (60346038)	京都大学・森里海連環学教育研究ユニット・特任教授 (14301)	
研究分担者	山中 裕樹 (Yamanaka Hiroki) (60455227)	龍谷大学・先端理工学部・准教授 (34316)	
研究分担者	亀山 哲 (Kameyama Satoshi) (80332237)	国立研究開発法人国立環境研究所・生物・生態系環境研究センター・主任研究員 (82101)	

6. 研究組織（つづき）

	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	木村 伸吾 (Kimura Shingo) (90202043)	東京大学・大学院新領域創成科学研究科・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