

水産庁委託

令和3年度ウナギ等資源回復推進事業のうち

「環境収容力推定手法開発事業」

成果報告書

令和4年3月

水産研究・教育機構

愛媛大学

長崎大学

北海道立総合研究機構

栃木県水産試験場

群馬県水産試験場

山梨県水産技術センター

長野県水産試験場

岐阜県水産研究所

滋賀県水産試験場

和歌山県水産試験場・和歌山県立自然博物館

島根県水産技術センター

高知県内水面漁業センター

山口県水産研究センター

熊本県水産研究センター

宮崎県水産試験場

鹿児島県水産技術開発センター

目次

事業概要	1
参画機関及び担当者	2
要旨	4
各課題報告	
1 ニホンウナギ等の内水面魚種の分布状況及び生息環境の調査・分析	
(1) 和歌山県におけるニホンウナギの生息状況及び生息環境の把握	7
(2) 高知県におけるニホンウナギの生息状況及び生息環境の把握	17
(3) 宮崎県におけるニホンウナギの生息状況及び生息環境の把握	25
(4) 鹿児島県内河川におけるニホンウナギの移動状況等の把握	36
2 環境収容力を推定するための手法開発	
(1) 環境DNAによるニホンウナギの在・不在検出技術の実証開発	46
(2) 背負い型エレクトロ・フィッシャーによるニホンウナギ捕獲効率推定	59
(3) ニホンウナギの生息環境評価	65
3 漁場環境に応じた資源増殖等の手法開発	
(1) ウナギ用簡易魚道の開発	72
(2) アユ	
水産研究・教育機構	78
栃木県水産試験場	84
岐阜県水産研究所	90
島根県水産技術センター	97
高知県内水面漁業センター	106
熊本県水産研究センター	115
長崎大学	123
(3) 溪流魚	
水産研究・教育機構	128
群馬県水産試験場	131
長野県水産試験場	135
岐阜県水産研究所	139
滋賀県水産試験場	142

(4) ワカサギ

水産研究・教育機構	145
長野県水産試験場	148
山梨県水産技術センター	152
北海道立総合研究機構	156
令和3年度計画検討会開催要領（ウナギ）	160
令和3年度計画検討会出席者名簿（ウナギ）	161
令和3年度計画検討会議事録・講評（ウナギ）	162
令和3年度成果報告会開催要領（ウナギ）	163
令和3年度成果報告会出席者名簿（ウナギ）	164
令和3年度成果報告会議事録・講評（ウナギ）	165
令和3年度計画検討会開催要領（アユ・溪流魚・ワカサギ）	167
令和3年度計画検討会出席者名簿（アユ・溪流魚・ワカサギ）	168
令和3年度計画検討会議事録・講評（アユ・溪流魚・ワカサギ）	169
令和3年度成果報告会議事次第（アユ・溪流魚・ワカサギ）	178
令和3年度成果報告会出席者名簿（アユ・溪流魚・ワカサギ）	179
令和3年度成果報告会議事録・講評（アユ・溪流魚・ワカサギ）	180

事業概要

1. 事業の位置づけ

ニホンウナギをはじめとした内水面魚種の漁獲量は、近年減少傾向にある。この減少傾向への対策として、各地で資源増大を目的とした放流や、石倉増殖礁の設置等の環境改善の取組等が実施されている。しかしながら、これらの内水面水産資源の増大・回復のための取組においては、河川等の環境においてどの程度ニホンウナギ等の内水面水産資源が生息可能かを示す指標が存在しないことから、必ずしも最適な資源増殖等の手法が採用されていない可能性がある。

本事業では、ニホンウナギ等の分布状況や生息環境調査等を通じて河川等におけるニホンウナギ等内水面水産魚種の環境収容力の推定手法、及び効果的な資源保全策を提示するための技術開発を行う。また、これらによって得られた成果をとりまとめ、都道府県水産試験場や内水面漁業関係者がニホンウナギ等の内水面水産資源の保全に取り組む際の参考となる指針を作成することを目的とする。

2. 課題構成と担当機関

本事業は、内水面における重要種であるニホンウナギ・アユ・溪流魚・ワカサギの生息密度、成長、移動等について、河川、湖沼および浅海域において環境調査を実施するとともに、標識放流等の手法を活用して調査を行い、河川等の環境と内水面魚種の生息状況に係る知見を収集・分析する。環境収容力が異なる河川や水域において放流試験を行い、その後の成長、生残等を追跡することで、漁場環境に応じた種苗放流について検討する。なお、得られた成果は、内水面漁業者等が放流活動を行う際に参考となる資料としてとりまとめる。

課題1 ニホンウナギ等の内水面魚種の分布状況及び生息環境の調査・分析

担当：和歌山県水産試験場内水面試験地・和歌山県立自然博物館，
高知県内水面漁業センター，宮崎県水産試験場，鹿児島県水産技術開発センター

課題2 環境収容力を推定するための手法開発

担当：水産研究・教育機構，愛媛大学，山口県水産研究センター，
鹿児島県水産技術開発センター

課題3 漁場環境に応じた資源増殖等の手法開発

担当：水産研究・教育機構，長崎大学，北海道立総合研究機構，栃木県水産試験場，
群馬県水産試験場，山梨県水産技術センター，長野県水産試験場，
岐阜県水産研究所，滋賀県水産試験場，島根県水産技術センター，
高知県内水面漁業センター，熊本県水産研究センター，
鹿児島県水産技術開発センター

課題4 運営委員会・検討委員会の開催、研究成果の取りまとめ

担当：水産研究・教育機構

参画機関及び担当者

- ・水産研究・教育機構

中村智幸, 矢田 崇, 山本祥一郎, 坪井潤一, 増田賢嗣, 宮本幸太, 阿部倫久
山本敏博, 横内一樹, 福田野歩人, 澤山周平
關野正志, 安池元重, 馬久地みゆき, 本郷悠貴, 山本祐樹
須藤 聡, 西本篤史,

- ・愛媛大学

井上幹生, 畑 啓生, 三宅 洋

- ・長崎大学

井口恵一郎

- ・北海道立総合研究機構

楠田 聡, 佐藤敦一, 山崎哲也, 高島信一
飯嶋亜内, 橋本龍治, 本間隆之

- ・栃木県水産試験場

酒井忠幸, 土居隆秀

- ・群馬県水産試験場

山下耕憲, 田中英樹, 神澤裕平

- ・山梨県水産技術センター

名倉 盾, 加地弘一, 藤原 亮

- ・長野県水産試験場

下山 諒, 上島 剛, 松澤 峻, 降幡 充

- ・岐阜県水産研究所

大原健一, 藤井亮吏, 岸 大弼

- ・滋賀県水産試験場

幡野 真隆

- ・和歌山県水産試験場

北村章博, 森 康雅, 内海遼一, 河合俊輔, 平野育生

- ・和歌山県立自然博物館

揖 善継, 平嶋健太郎, 國島大河

- ・島根県水産技術センター

福井克也, 沖 真徳

- ・高知県内水面漁業センター

石川 徹, 稲葉太郎, 中城 岳, 隅川 和

- ・山口県水産研究センター

- 石田健太, 吉村栄一
- ・ 熊本県水産研究センター
土井口 裕
 - ・ 宮崎県水産試験場
兒玉龍介, 中武邦博, 平山仁斗, 松井 翔
 - ・ 鹿児島県水産技術開発センター
眞鍋美幸, 吉満 敏, 猪狩忠光, 中島広樹

検討委員

【ウナギ】

望岡 典隆 (九州大学大学院・特任教授)

【アユ・溪流・ワカサギ】

徳田 幸憲 (高原川漁業協同組合・参事)

小関 右介 (大妻女子大学・准教授)

要旨

ニホンウナギについては、和歌山県高瀬川、宮崎県日置川、鹿児島県八幡川において電気ショッカーによる標識再捕獲調査を行い、それぞれの河川におけるウナギの生息密度を推定した。その結果、2021年では高瀬川で87.3尾/100m²、日置川で17.5尾/100m²、八幡川で2.8尾/100m²と推定された。和歌山県高瀬川ではクロコについて定点調査が行われ、その生息密度は0.0-5.8尾/m²であった。河川環境とウナギ採捕尾数との関係について調べたところ、八幡川および高知県奈半利川では河床の巨礫割合(または巨礫面積)が高い場所ほど採捕数が多いという関係が認められた。また、日置川および八幡川では、河岸の草や石垣などの隠れ場所の多いところほどウナギの採捕数(生息密度)が多いという関係が認められた。

八幡川、奈半利川、高瀬川において環境DNAの河川内分布を調べる調査を実施した。その結果、3河川とも、環境DNA濃度、環境DNAフラックスに流程に沿った増減傾向は確認されなかった。愛媛県重信川では、ウナギの放流後に環境DNAフラックスが増加することが確認された。

山口県有帆川において電気ショッカーによる採捕効率試験を行った。電気ショッカーでのニホンウナギ採捕効率は秋季、冬季ともに約14%であり、2日目以降の採捕効率は採捕を重ねるごとに低下した。電気ショッカーの設定条件が採捕効率に与える影響を水槽試験にて調べた。以下の3つの設定(①500V、DC20、FQ30、②500V、DC30、FG35、③直流波形350V、DC100)における採捕効率はそれぞれ約40%、約45%、約29%となり、試験区間で有意な差が認められた。

愛媛県内複数河川での調査により、若齢・分散期の中型ウナギについては堰堤などの遡上阻害構造物によって生息密度が下げられていること、また大型個体の生息密度に対しては隠れ場所やコンクリート護岸といった局所的な生息場所要因の影響力が高まることが明らかとされた。さらに、遡上阻害構造物の生息密度に与える影響を地図上に示した。また、ウナギの胃内容物分析をおこない、夏季の大型ウナギでは大型甲殻類、冬季の大型ウナギでは魚類、夏季の中型ウナギでは小型甲殻類を優先的に摂餌していることを明らかにした。

鹿児島県中州川において、芝マットを用いたウナギ用簡易魚道の耐久性を向上させる設置方法を検討した。その結果、芝マットの表面を亀甲金網で覆い、上端部にステンレス製マルチアングルを取り付けることにより、芝マットの耐久性が高まることを確認した。また陸上水槽試験において、芝マット(スチールマット)と形状が似る金網魚道を作成し、ウナギ遡上実験を行った。その結果、金網魚道は芝マット魚道と同程度の遡上性能を有することを明らかにした。

アユについては、アユ種苗放流の資源添加効率を最大化するため、放流から解禁までの時期、種苗サイズ、放流密度等のパラメータについて検討した。本州、四国、九州の計5県において、放流試験を行った結果、河川によって、放流後の日間成長率が大きくばらつくことが明らかになった。日間成長率を推定するためのモデルを作成した。

栃木県利根川水系3河川での放流試験では、日間成長率は1.79-3.56%、種苗サイズが小さいほど成長率が高い傾向が見られた。

岐阜県長良川水系板取川支流の片知川では、早期放流群と通常放流群の漁獲割合は、放流時の割合に差異は認められなかったが、平均体重は早期放流群が大きかった。

島根県高津川における天然遡上魚の推定孵化時期は 10 月上旬から 12 月下旬までと、近年確認されなかった 10 月上・中旬孵化群の遡上魚が確認された。遡上の主群は 11 月中旬～12 月上旬孵化群であり、前年に流下尾数の 60%を占めた 11 月上・中旬孵化群が遡上魚中占める割合は低かった。

高知県仁淀川水系土居川及び物部川本流上流域では、標識人工アユ、非標識人工アユ及び天然アユの割合は、土居川では放流後 53 日目に 49%、24%及び 27%、物部川では放流後 66 日目に 71%、29%及び 0%、放流後 83 日目に 69%、31%及び 0%であった。

熊本県内の緑川水系御船川においては、解禁日まで早期小型群が通常群に比べて早く成長し漁獲されることから、早期小型群も放流手法の 1 つとして有効であると考えられた。

長崎大学と熊本県が主体となって行った調査では、球磨川の感潮域に隣接する新前川堰では、時刻によって流下仔魚の日齢は様ではなく、未明までは孵化後の経過日数が 3 日を超える個体が大勢を占め、明け方になってようやく平均日齢が 2 日を下回るようになった。以上から、球磨川では、河口堰直上に発達する湛水域が河川滞在時間を大幅に延長させるために、回復不能に陥るより前の状態で降海移動を完了させる個体は流下仔魚全体の一部に限られ、アユの初期減耗を助長している実態が改めて確認された。

溪流魚については、釣獲日誌のデータを活用することで漁場の把握が可能かを検証するため、聞き取り調査結果との比較を行った。その結果、調査場所ごとに釣れた魚種の組成は、釣獲日誌と聞き取り調査で概ね合致した。このため、釣獲日誌を記録することで、漁場における魚種組成の変化を把握することが可能と考えられ、増殖効果や外来魚の駆除効果の把握への活用が期待された。群馬県では、溪流魚漁場に設定されたキャッチアンドリリース区（以下、C&R 区）における資源量調査および環境測定を行った。その結果、C&R 区における溪流魚の生息密度は通常の入漁区の約 2 倍になることが示された。また、水路実験の結果、系統が同じ継代養殖魚であっても、人工孵化魚よりも自然繁殖魚の方が定着性が高いことが示された。

長野県では、信濃川水系雑魚川の 2 支流（大倉沢とガキ沢）でイワナ稚魚の降下実態を調査したところ、大倉沢では当歳魚は計 162 尾、1 歳魚以上は計 70 尾降下したと推定された。ガキ沢では当歳魚は計 122 尾、1 歳魚以上は計 257 尾降下したと推定された。滋賀県では、禁漁区から下流域への資源添加効果を調べると、姉川上流のナガレモンイワナ生息域とその支流ならびに姉川支流のカラオ谷の 3 か所では、標識魚の 9%–13%が禁漁区下流部へ移動したことが確認された。

ワカサギについては、粘着性を除去したワカサギ卵の放流方法を開発するため、プラスチック製の人工芝と直径 2.5 cm程度の石を用いた簡易的な放流方法について検討した結果、人工芝区と対照区で観察した累積ふ化仔魚個体数に、統計的な有意差は認められなかった。これらの結果から、人工芝区では、石や人工芝により卵の流出や外敵からの捕食を防ぐとともに、通水性の不足による酸素欠乏等の問題も起こりにくいと推察された。

長野県では天然色素による耳石標識技術を開発するため、ふ化仔魚に対して標識を施した結果、濃度 4g/L および 5g/L のコチニール標識液に 24 時間浸漬した区で、これまでの発眼卵標識と同程度の生残率および発色強度が得られた。

山梨県では天然色素を使用した標識技術の確立のため、コチニールを用いたワカサギの耳石標識について検討した。酸素ばっ気効果については、ワカサギ卵を大量に染色するのに効果が認められ、コチニール 60 g/L 前処理あり酸素ばっ気ありが有効と考えられた。北海道では放流種苗用餌料の開発として、飼育水に塩分を添加することで、低水温環境下においてもワムシの活力維持および給餌量の削減が可能となった。資源推定手法の開発としては阿寒湖において、ワカサギ漁(9~10月)の前後に簡易普及型魚群探知機を用いて調査した結果、漁獲開始前のワカサギ資源量は 51.9t であったと推定された。

課 題 番 号	1.-(1)	事業実施期間	令和3年度
課 題 名	和歌山県におけるニホンウナギの生息状況及び生息環境の把握		
主 担 当 者	北村章博 (和歌山県水産試験場)		
分担者	森 康雅・内海遼一・河合俊輔・平野育生 (和歌山県水産試験場) 揖 善継・平嶋健太郎・國島大河 (和歌山県立自然博物館)		

令和3年度の成果の要約：

富田川水系高瀬川において、計3回（2021年6月、9月、11月）、電気ショッカーを用いてニホンウナギを採捕した。今年度は計326尾を採捕し、全長150mm以上の計194尾を標識放流した。また、再採捕率は14.8-21.6%であった。Jolly-Seber法により推定した2021年6月時点の同河川のニホンウナギの生息密度は87.3尾/100㎡と推定された。一般化線形モデルによる解析の結果、ニホンウナギの全長サイズによって生息密度に影響を及ぼす環境因子に違いが確認された。さらに、同河川のニホンウナギの成長は、個体の全長が大きいほど低く、また密度依存性が影響している可能性が示唆された。河口域から感潮域上縁部の4定点において、クロコ生息調査を行った結果、クロコ（色素発育段階VI_B以下）の生息密度は0.0-5.8尾/㎡で推移した。

過年度までの成果の概要：

富田川水系高瀬川において、2017～2020年度にかけてニホンウナギの生息個体数推定調査およびクロコの生息調査を実施した。生息個体数推定調査では、これまでに計1,845尾を採捕し、年度ごとの平均再採捕率は15.1-22.6%であった。Jolly-Seber法により推定した同河川のニホンウナギの生息密度は、18.4-75.2尾/100㎡の範囲で推移した。また、相関分析から礫や石垣といった河川環境とニホンウナギの採捕数の間に相関が認められた。クロコの生息調査では、河口域から感潮域上縁部の定点において、主に1月から6月にかけて0.0-9.0尾/㎡の範囲でクロコ（色素発育段階VI_B以下）が出現した。クロコの胃内容物を顕微鏡下で観察したところ、ユスリカ幼虫の頭部が確認された。さらに、河川環境中から採取したユスリカ幼虫をDNA解析した結果、多様な種で構成されていることが明らかとなった。

全期間を通じた課題目標及び計画：

ニホンウナギの分布状況や生息環境調査等を通じて河川等におけるニホンウナギの環境収容力の推定手法及び効果的な資源保全策を提示するための技術開発を行う。そこで、本課題では富田川水系高瀬川をモデル河川とし、河川において環境調査を実施するとともに、ニホンウナギの生息密度、成長、移動等について、標識放流等の手法を活用して調査を行うことにより、河川等の環境とニホンウナギの生息状況に係る知見を収集・分析する。

当該年度計画：

富田川水系高瀬川において、ニホンウナギの生息密度、成長、移動等について調査し、河川環

境とニホンウナギの生息状況に係る知見を収集する。

(1) 生息個体数推定調査

高瀬川の調査区間 900m (図1) において、計3回 (2021年6月、9月、11月)、電気ショッカーを用いてニホンウナギを採捕し、標識放流する。なお、ウナギの生残耐性を考慮し、PIT タグ標識は全長 150mm 以上、イラストマー蛍光標識は全長 100mm 以上の個体を対象とする。また、調査データから再採捕個体の移動距離や Jolly-Seber 法を用いたニホンウナギの生息密度を推定する。さらに、これまでの調査データ (2017-2021 年度) を用いたウナギの採捕数と河川の生息環境との関係性やウナギの生息密度等に対する成長の応答について一般化線形モデルによる解析を行う。

(2) クロコの生息調査

高瀬川の定点 K1, K2, K3, K4 (図1) において、毎月1回 (2021年4月-2022年3月)、電気ショッカーを用いてクロコを採捕し、生息密度や基礎的な環境パラメータを把握する。なお、本調査におけるクロコの定義は、Fukuda et al. (2013)の色素発育段階 VI_B以下の個体を指す。また、採捕したクロコの胃内容物を調査し、餌生物を推定する。

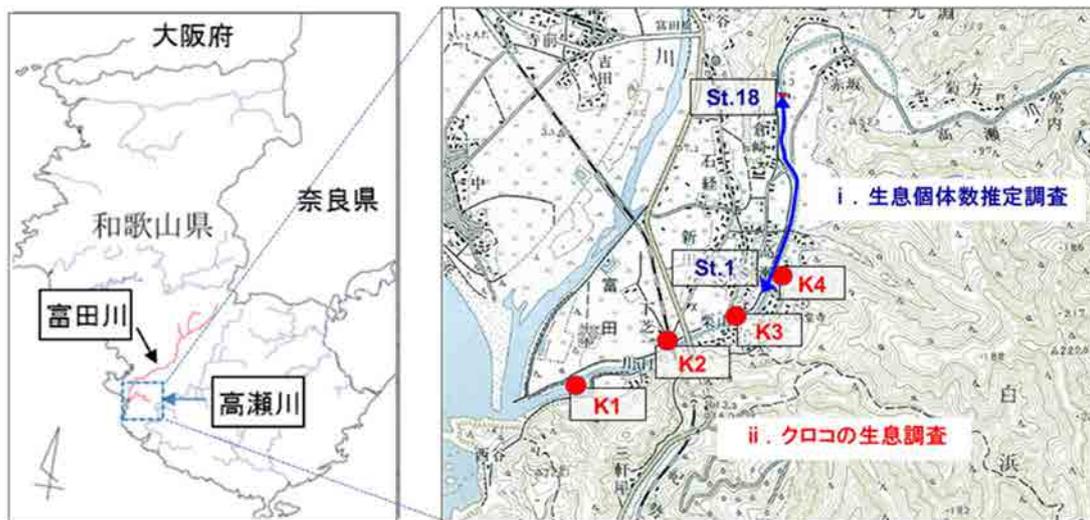


図1 生息個体数推定調査の調査区間およびクロコの生息調査の調査定点の位置図

(国土地理院 地図・空中写真閲覧サービス <http://mapps.gsi.go.jp/maplibSearch.do#1>)

結果：

(1) 生息個体数推定調査

調査区間 900m (50m×18 区間) におけるニホンウナギの年度別採捕状況を表1に示す。今年度は、計326尾 (6月：190尾、9月：81尾、11月：55尾) を採捕し、再採捕率は14.8-21.6%であった。また、全長 150mm 以上の計 194 尾にイラストマー蛍光タグ (青色)、PIT タグを装着して採捕した場所へ放流した。加えて、9月および11月の調査において、採捕個体の胃内容物をストマックポンプ法により調査したところ、甲殻類の破片やハゼ科魚類などが確認できたが定量的なデー

タを得るには至らなかった。さらに、6月に銀ウナギ1尾（S2：444mm、102.6g）が石垣で採捕され、9月にも銀ウナギ1尾（S1：492mm、185.8g）が石垣で採捕された。

表1 調査区間 900m におけるニホンウナギの年度別採捕状況

調査年度		2017			2018			2019			2020			2021		
調査月		7月	8月	9月	6月	8月	10月	6月	9月	11月	6月	8月	10月	6月	9月	11月
月別	採捕数(尾)	116	109	118	134	215	76	183	181	51	79	154	103	190	81	55
	再採捕数(尾)	0	22	17	23	26	15	23	22	18	26	25	25	41	12	10
	再採捕率(%)	-	20.2	14.4	17.2	12.1	19.7	12.6	12.2	35.3	32.9	16.2	24.3	21.6	14.8	18.2
年度計	採捕数(尾)	343			425			415			336			326		
	再採捕数(尾)	39			64			63			76			63		
	再採捕率(%)	17.2			15.1			15.2			22.6			19.3		

調査区間別（St.1-18）のニホンウナギの年間採捕数を図2に示す。調査区間ごとの採捕数の最小値はSt.10で0尾、最大値はSt.5で43尾であり、全調査区間の平均値は18.1尾であった。

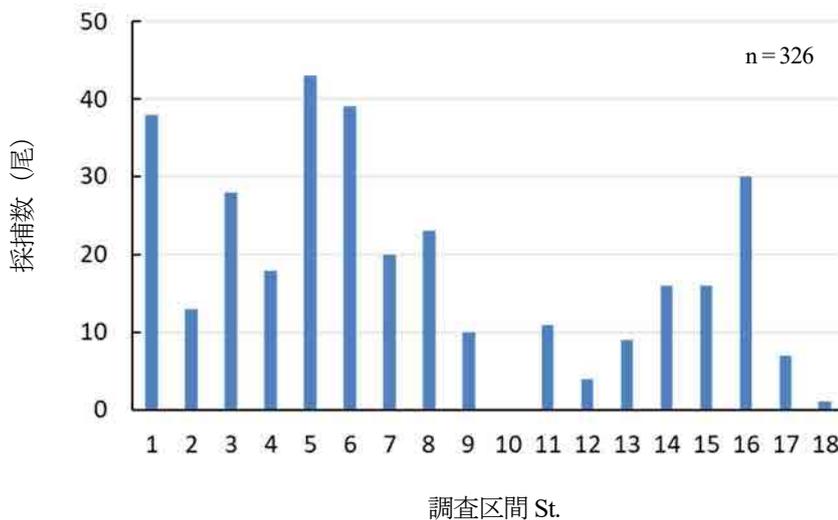


図2 調査区間 St.1-18 におけるニホンウナギの年間採捕数

次に、年間採捕個体の全長分布および採捕時の全長別生息環境の割合を図3に示す。採捕個体の全長は150-199mm区分が全体の27.6%と最も多く、次いで100-149mm区分が全体の26.0%を占めた。全長50-199mmの個体は、礫（17-64mm）、大礫（65-256mm）および巨礫（>256mm）から多く出現した。一方で、全長200mm以上の個体は、石垣から多く出現した。

続いて、年間採捕個体の個体重量分布を図4に示す。採捕個体の体重は0~49g区分が全体の92.9%と最も多い割合を占めた。また、体重0~49g区分の個体の全長は52~352mmの範囲であった。

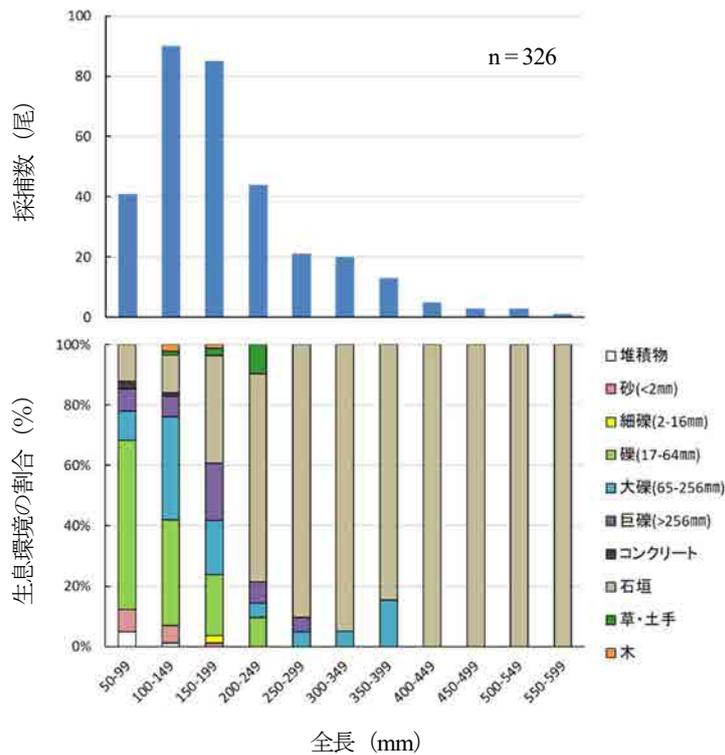


図3 年間採捕個体の全長分布および全長別生息環境の割合

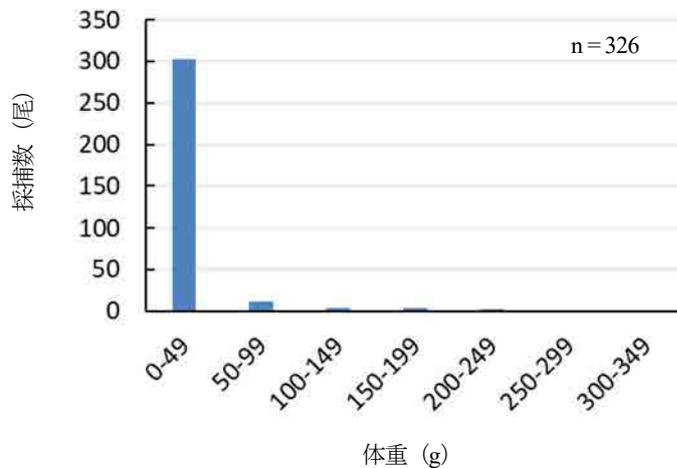


図4 年間採捕個体の個体重量分布

ここで、再採捕個体の瞬間成長率 (specific growth rate;SGR) について、全長瞬間成長率 (以下、全長 SGR) および体重瞬間成長率 (以下、体重 SGR) を次式により算出し、それぞれの分布を図5、図6に示した。なお、各数値は小数点以下第3位を四捨五入して区分した。

$$\cdot \text{全長 SGR (\%)} = 100 \times (\ln(L2) - \ln(L1)) / t$$

※ L1 : 放流時全長 (mm)、L2 : 再採捕時全長 (mm)、t : 再採捕までの日数

$$\cdot \text{体重 SGR (\%)} = 100 \times (\ln(W2) - \ln(W1)) / t$$

※ W1 : 放流時体重 (g)、W2 : 再採捕時体重 (g)、t : 再採捕までの日数

再採捕個体の全長 SGR は、0.00～0.05%区分が全体の 64.8%と最も多い割合を占めた。一方、体重 SGR は、0.10%～0.20%区分が全体の 55.6%と最も多い割合を占めた。また、再採捕個体の平均全長 SGR は 0.04%、平均全長 SGR は 0.14%であった。

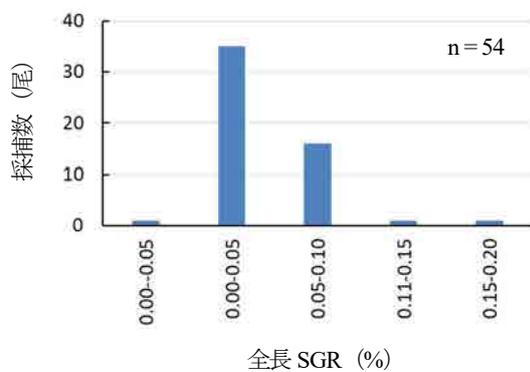


図 5 再採捕個体の全長 SGR 分

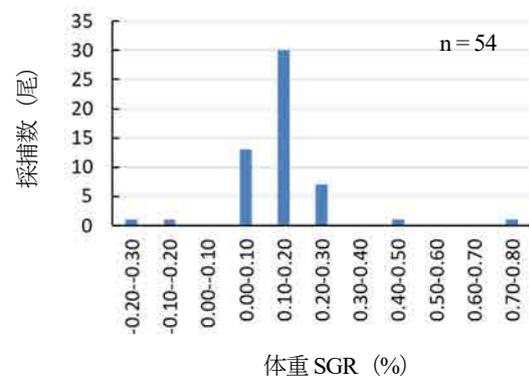


図 6 再採捕個体の体重 SGR 分布

続いて、再採捕個体の全長別全長 SGR および全長別体重 SGR をそれぞれ図 7、図 8 に示す。全長 SGR および体重 SGR は、ウナギの全長が大きくなるにつれて瞬間成長率が低下する傾向が確認された。

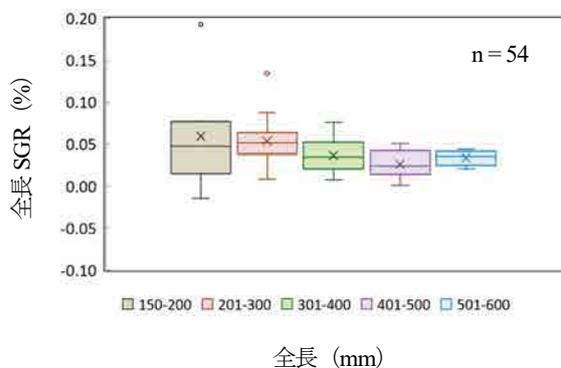


図 7 全長別の全長 SGR 分布

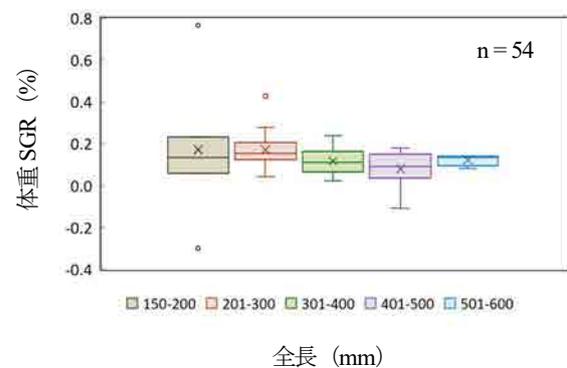


図 8 全長別の体重 SGR 分布

次に、再採捕個体の推定移動距離を図 9 に示す。各個体の移動距離は、前回の採捕場所と本年の採捕場所の差（最小単位 10m）から求めた。なお、正の数値は上流方向への移動、負の数値は下流方向への移動を示し、0m は同区間（10m 以内）への定位を示している。再採捕個体の平均移動距離は 52.2m であり、全体のうち 48.1%が±50m の範囲内で再採捕された。また、個体の移動距離の最大値は 500m であった。

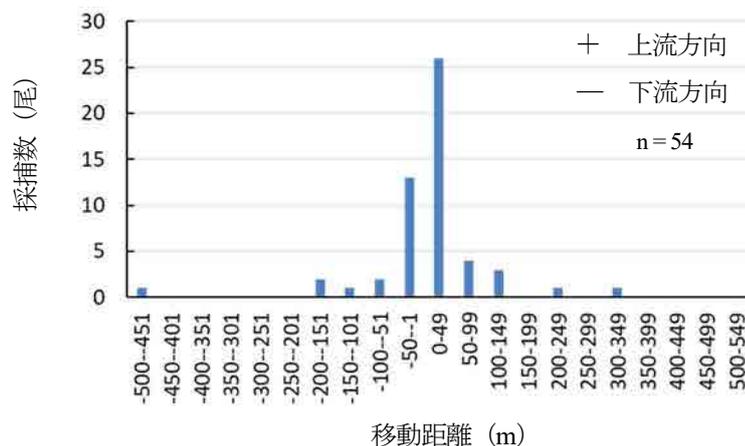


図9 再採捕個体の推定移動距離

2017～2020年の全採捕個体および再採捕個体のデータを用いて、Jolly-Seber法による同河川調査区間におけるニホンウナギの生息密度（尾/100 m²）を推定した（表2）。なお、生息密度の推定は、前述のとおり PIT タグ装着が可能である全長 150mm 以上の個体を対象としている。解析の結果から、2021年6月時点におけるニホンウナギの生息密度は 87.3 尾/100 m²と推定された。

表2 Jolly-Seber法による調査区間900mのニホンウナギの推定生息密度

調査年度	2017		2018			2019			2020			2021
調査月	8月	9月	6月	8月	10月	6月	9月	11月	6月	8月	10月	6月
推定尾数(尾)	683	1507	1090	1610	1077	2655	1384	842	1863	2122	2372	3599
推定密度(尾/100m ²)	16.6	36.6	26.4	39.1	26.1	64.4	33.6	20.4	45.2	51.5	57.6	87.3

また、2017-2021年度の調査データを用いて、ニホンウナギの採捕数と河川の生息環境との関係性について検討した。まず、河川の護岸構造に着目し、同一区間内において右岸と左岸の環境が異なる区間 St.7、8、9 について、河川岸の環境面積当たりのニホンウナギの年平均生息密度について比較を行った（図10）。ニホンウナギは石垣護岸のみから出現し、コンクリート護岸からは確認されなかった。当然のことながら、コンクリート護岸にはニホンウナギが生息できる間隙がないため、本種の生息に負の影響があると推察され、石垣護岸のような生物が生息可能な構造の重要性が改めて示唆された。

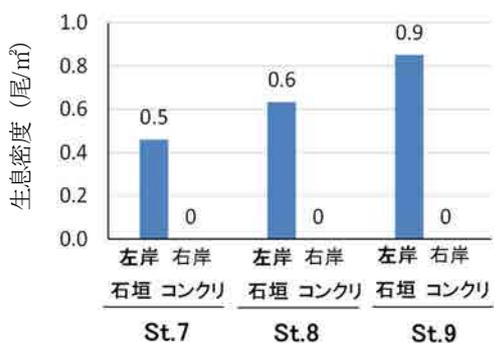


図10 河川両岸の環境面積当たりのウナギ生息密度



写真1 右岸と左岸の環境が異なる区間
右岸：石垣、左岸：コンクリート

次に、各調査区間 (St.1-18) における調査 1 回あたりのニホンウナギ (全長 15cm 未満・15cm 以上) の平均生息密度 (尾/m²・回) を応答変数、各環境の面積 (Detritus、Sand (<2 mm)、Gravel (2-16 mm)、Pebble (17-64 mm)、Cobble (65-256 mm)、Boulder (>256 mm)、Concrete、Stone Wall) を説明変数として一般化線形モデルによる解析を行った。各環境の面積は、各調査区間の採捕面積に各環境のカバー率を乗じて面積とした。解析結果から、全長 15cm 未満の生息密度に対して、Pebble (17-64 mm) (正) および Boulder (>256 mm) (正)、Stone Wall (負) が有意な説明変数として採択された (表 3)。また、全長 15cm 以上の生息密度に対しては、Boulder (>256 mm) (負)、Concrete (負)、Stone Wall (正) が有意な説明変数として採択された (表 4)。ニホンウナギの全長サイズによって生息密度に影響を及ぼす環境因子に違いが確認された。

表 3 一般化線形モデルによる解析結果 (全長 15cm 未満)

Coefficients:					
Estimate	Std.	Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	-4.17036	0.106549	-39.14	0.0000000000000001	***
Pebble (17-64mm)	0.016837	0.002963	5.682	0.0000566	***
Boulder (>256mm)	0.047314	0.021385	2.213	0.04405	*
StoneWall	-0.0231	0.005875	-3.932	0.00151	**

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

表 4 一般化線形モデルによる解析結果 (全長 15cm 以上)

Coefficients:				
Estimate	Std.	Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-0.87833	0.869465	-1.01	0.32955
Cobble(65-256mm)	-0.02508	0.011242	-2.231	0.04257 *
Concrete	-0.02085	0.006801	-3.065	0.00839 **
Stone Wall	0.095923	0.025561	3.753	0.00214 **

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

さらに、ニホンウナギの生息密度等に対する成長の応答 (≒環境収容力) について検討した。今年度調査の採捕結果から、調査区間 (St.1-18) ごとのニホンウナギの平均生息密度 (尾/m²・回) と再採捕個体の平均体重 SGR との関係を図 11 に示す。生息密度が高くなるにつれて瞬間成長率が低くなるように見えるものの、有意な関係性は認められなかった。また、区間によってはサンプル数が 1 個体しかないため、さらに情報を蓄積する必要がある。また、同区間に定位した 20 個体を対象として、体重 SGR を応答変数、再採捕個体の全長 (TLmm) および再採捕時の採捕区間の生息密度 (density) を説明変数として一般化線形モデルによる解析を行った。解析結果から、再採捕個体の体重 SGR に対して、全長 (負) および生息密度 (負) は有意な説明変数として採択された (表 5)。このことから、同河川のニホンウナギの成長は、個体の全長が大きいほど低く、また密度依存性が影響している可能性が示唆された。

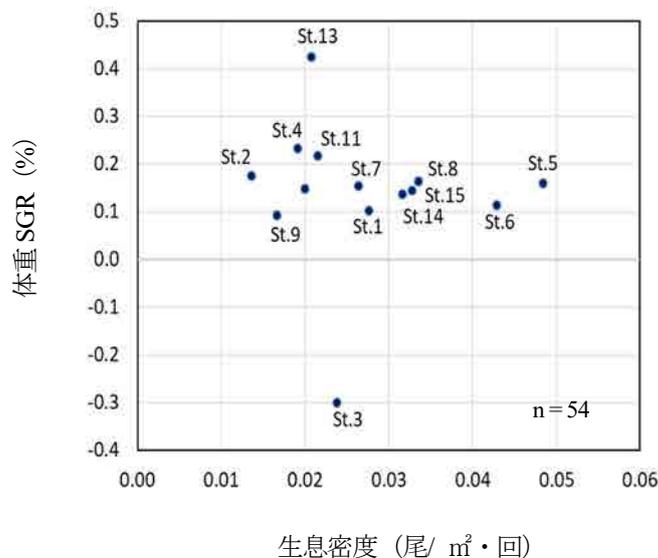


図 11 調査区間 (St.1-18) の体重 SGR と生息密度の関係

表 6 一般化線形モデルによる解析結果 (体重

Coefficients:				
Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	0.276738	0.055389	4.996	0.00011 ***
TLmm	-0.00039	0.000152	-2.56	0.0203 *
density	-0.68318	0.287003	-2.38	0.02926 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(2) クロコの生息調査

各定点における水温、塩分および定点 K4 の表層クロロフィル *a* 濃度の月別変動について図 12, 図 13, 図 14 にそれぞれ示した。水温および塩分は、感潮域上縁部の定点 K4 から河口域の定点 K1 にかけて、海水の影響を受けて高くなる傾向を示した。定点 K4 のクロロフィル *a* 濃度は、0.3~1.0 $\mu\text{g/l}$ で変動した。なお、12月の定点 K1 の水温および塩分は、高潮の影響により欠測となった。

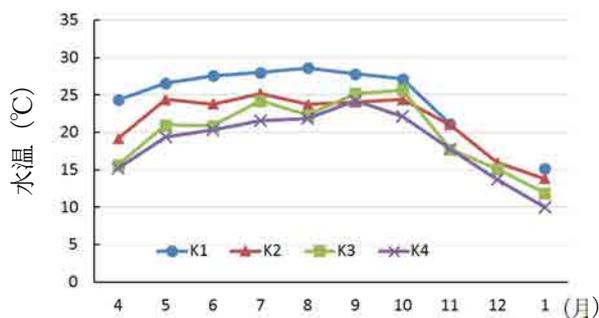


図 12 各定点の水温の月別変動

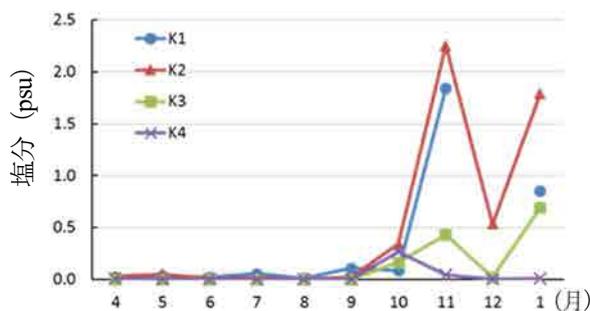


図 13 各定点の塩分の月別変動

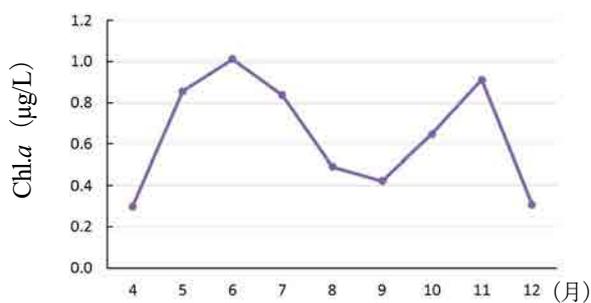


図14 定点K4のchl.a濃度の月別変動

次に、各定点におけるクロコ（色素発育段階VI_B以下）の生息密度の月別変動を図15に示した。4月は最も河口側に位置する定点K1でクロコの生息密度が5.8尾/m²と特に高かったが、5月には定点K1～K3のクロコの生息密度は0.0～0.3尾/m²まで減少し、定点K4では4.3尾/m²に増加した。このことから、4～5月にかけてクロコが河川の定点K1～K4間を遡上し、上流へ移動した可能性が考えられた。なお、12月の定点K1については、高潮の影響により欠測となった。

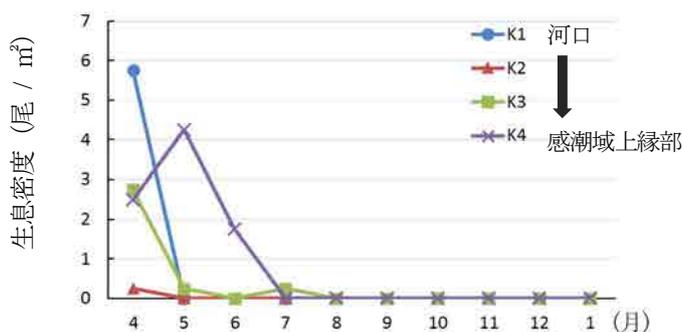


図15 各定点のクロコの生息密度の月別変動

続いて、2021年2月から2021年5月にかけて採捕したクロコの胃内容物調査の結果を表6に示す。本胃内容物調査は、比較的未消化のものを対照とし、外見から大まかな同定を行った。河口域である定点K1において、多毛類を捕食した個体（写真2）が採捕されたのを除き、他の個体からはユスリカ幼虫が確認された。また、その色素発育段階はVI_{A3}-VI_Bであった。

表6 クロコの胃内容物調査の結果

個体No.	採捕日	定点	全長(mm)	体重(g)	色素発育段階	胃内容物
1	2021.2月	K4	57.0	0.15	VIA3	ユスリカ
2	2021.3月	K4	53.8	0.12	VIB	ユスリカ
3	2021.3月	K1	55.3	0.09	VIA4	ユスリカ
4	2021.3月	K1	60.7	0.18	VIA3	ユスリカ
5	2021.3月	K1	58.3	0.11	VIA3	ユスリカ
6	2021.3月	K1	57.9	0.12	VIA4	ユスリカ
7	2021.3月	K1	58.6	0.17	VIA4	多毛類
8	2021.3月	K3	60.5	0.19	VIB	ユスリカ
9	2021.3月	K4	57.0	0.13	VIA4	ユスリカ
10	2021.3月	K4	58.2	0.15	VIA4	ユスリカ
11	2021.5月	K4	61.0	0.18	VIB	ユスリカ
12	2021.5月	K4	61.1	0.14	VIA4	ユスリカ
13	2021.5月	K4	54.8	0.11	VIA4	ユスリカ



写真2 捕食した多毛類を吐出している個体

課題と対応策：

これまでの調査データの解析から、底質や護岸などの河川環境とニホンウナギの生息密度との関係性を示唆する結果を得ることができたが、本種の生息密度を決定づける要因は、底質や護岸といった環境以外にも餌生物の現存量の影響も考えられることから、胃内容物および環境中の餌生物について詳細に調査する必要がある。

引用文献

Fukuda N et al. (2013) Evaluation of the pigmentation stages and body proportions from the glass eel to yellow eel in *Anguilla japonica*. Fisheries Science, **79**, 425-438.